

**CNEARC - MONTPELLIER**

**ESAT2**

**CIRAD-FLHOR  
STATION DE NEUFCHATEAU  
GUADELOUPE**

**ANTHRACNOSE DE LA BANANE EN GUADELOUPE :**  
**incidence du stade de gainage sur le niveau de contamination des fruits par**  
***Colletotrichum musae* (Berk. & Curt.) Arx**

Mémoire présenté par

**MOUEN BEDIMO J.A.**

En vue de l'obtention du diplôme  
de **Master of Science (MSc.)**

Option **Protection des Végétaux, Développement et Environnement (PVED)**

Directeur de mémoire : **Jean Loup NOTTEGHEM**

Maître de stage : **Luc De LAPEYRE**

Composition du Jury

Jean-Loup NOTTEGHEM  
Gerard FABRES  
Jacques AVELINO  
Thierry LESCOT  
Jean Claude BETHUNE

Décembre 2000

# SOMMAIRE

Pages

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
 <b>1 - LE BANANIER : description, culture et opération post-récolte.....</b>	<b>4</b>
1.1 – Description.....	4
1.2 - La culture de la banane.....	5
1.2.1 - <i>Eléments de caractérisation des exploitations des bananes en Guadeloupe.....</i>	<i>5</i>
1.2.2 - <i>Itinéraire technique.....</i>	<i>6</i>
1.2.3 - <i>Opérations post-récolte.....</i>	<i>9</i>
1.3 - Les contraintes phytosanitaires du bananier.....	10
1.3.1- <i>Les ravageurs.....</i>	<i>11</i>
1.3.2 - <i>La mycoflore parasite.....</i>	<i>13</i>
 <b>2 - L'ANTHRACNOSE DES FRUITS.....</b>	<b>15</b>
2.1- L'agent pathogène.....	15
2.2 - Les maladies des fruits.....	16
2.2.1- <i>La pourriture des couronnes ou "Crown-rot".....</i>	<i>16</i>
2.2.2 - <i>Les anthracnoses.....</i>	<i>17</i>
2.3 - Epidémiologie de l'anthracnose.....	18
2.4 - Les méthodes de lutte contre l'anthracnose.....	23
 <b>3 - PROBLEMATIQUE.....</b>	<b>27</b>
 <b>4 - OBJECTIFS DU TRAVAIL.....</b>	<b>29</b>
 <b>5 - MATERIELS ET METHODES.....</b>	<b>31</b>
5.1 - Matériel végétal.....	31
5.2 - La gaine.....	31
5.3 - Les stades de gainage.....	31
5.4 - L'épistillage.....	32
5.5 - Marquage des bananiers.....	33



	Pages
5.6 – Expérimentations.....	33
5.6.1 - <i>Expérimentation n°1 : effet du stade de gainage sur la contamination des fruits</i> .....	33
5.6.2 - <i>Expérimentation n°2 : comparaison entre le gainage précoce et la combinaison épistillage/gainage au stade SDH</i> .....	34
5.6.3 - <i>Expérimentation n°3 : effet du stade de gainage sur la croissance des fruits</i> .....	35
5.7 – Observations.....	35
5.8 - Analyse des données.....	36
 <b>6 – RESULTATS</b> .....	 37
6.1 - Effet du stade de gainage sur la contamination des fruits.....	37
6.1.1 - <i>Incidence de la maladie</i> .....	38
6.1.2 - <i>Sévérité de la maladie</i> .....	39
6.1.3 - <i>Influence des pluies sur la sévérité de la maladie</i> .....	41
6.2 - Effet comparé du gainage précoce et de la combinaison épistillage/gainage sur le développement de l'anthracnose.....	42
6.3 - Effet du stade de gainage sur la croissance des fruits.....	44
6.3.1 - <i>Nombre de cellules par main</i> .....	44
6.3.2 - <i>Poids moyen des fruits</i> .....	45
 <b>7 – DISCUSSION</b> .....	 46
7.1 - Contraintes expérimentales.....	46
7.2 - Suivis épidémiologiques.....	46
7.3 - La croissance des fruits.....	48
7.4 - Comparaison avec les travaux antérieurs.....	49
7.5 - Recommandations pour l'amélioration de la qualité de la banane.....	51
7.6 - Conditions d'appropriation des recommandations.....	53
 <b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES</b> .....	 55
 <b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	 57



## **REMERCIEMENTS**



Je tiens d'abord à exprimer toute ma gratitude aux responsables l'**IRAD** du Cameroun qui, grâce à leur soutien, m'ont permis de bénéficier d'une bourse de formation à l'**ESAT (CNEARC)** de Montpellier dans le cadre de la coopération entre la France et le Cameroun.

Toute ma reconnaissance va également à l'endroit de nombreux chercheurs du **CIRAD-(CP et AMIS)** avec lesquels ma permanente collaboration depuis 1988 a permis d'enrichir mon expérience en recherche agronomique. Je remercie particulièrement : Daniel BIEYSSE, Dominique BERRY, Patrick JAGORET et Frédéric DESCROIX, etc...

Je remercie très humblement :

- Pr. Jean-Loup NOTTEGHEM de l'**ENSA** de Montpellier qui, malgré ses multiples occupations, a bien voulu accepter la supervision de ce travail.

- Luc de LAPEYRE de BELLAIRE, phytopathologiste au **CIRAD-FLHOR** de Guadeloupe pour son soutien scientifique et logistique pendant toute la durée du stage. Que Jacques AVELINO du **CIRAD-CP** et lui trouvent ici, l'expression de toute ma gratitude pour la disponibilité dont ils ont fait preuve lors de l'exploitation des données et la rédaction de ce mémoire.

- Mme Yolande CHILLIN et Mlle Christina RACEL pour leur soutien sur le terrain et surtout pour la bonne ambiance de travail.

- Mme Jacqueline GOVINDIN et toute sa famille, Marina BEGUIN, Michel DURANT, Yoan DIAZ et Arnaud LOMBARD pour la chaleur de leur entourage ; leur convivialité m'a permis de passer un très agréable séjour en Guadeloupe.

J'adresse mes sincères remerciements à tous ceux qui nous ont permis, à ma famille et moi, de passer ce long et très enrichissant séjour à Montpellier ; je pense particulièrement à : Christine BIEYSSE, Annette et André CLEENEWERCK, les familles MIKANO MOUKOURY et ESSOME NDOUMBE de Paris et les familles MOUEN KWAMBE, BOLI BABOULE et NTIECHE du Cameroun.

Que ma tendre épouse PASSY et notre gentil petit IAN trouvent affectueusement ici, l'expression de ma reconnaissance pour leur soutien total au cours de ces 28 mois d'études. Merci Passy, pour tes corrections, tes remarques et ton aide pendant la rédaction de ce mémoire.



## Résumé

La commercialisation des bananes d'exportation guadeloupéennes est gravement compromise par leur coût de production élevé et par leur qualité médiocre, due principalement à une maladie de conservation : l'anthracnose causée par *Colletotrichum musae*. Cette maladie est généralement contrôlée par les traitements fongicides post-récoltes. Mais, au cours de ces dernières années, la pratique d'un épistillage, en combinaison avec le gainage au stade "doigts horizontaux" a été recommandée pour réduire l'application des produits chimiques sur les fruits, après leur récolte. L'image de marque des bananes produites en Guadeloupe peut ainsi être améliorée par cette méthode de lutte, plus respectueuse de l'environnement mais, très coûteuse et exigeante en main-d'œuvre. La présente étude a pour objectif de vérifier si un gainage précoce, moins contraignant, permet un meilleur contrôle de l'anthracnose. Elle se propose aussi d'évaluer les conséquences d'une réalisation précoce ou tardive de cette opération agricole sur le niveau de contamination des fruits et sur leur croissance. Trois expérimentations effectuées en milieu paysan et en station de recherche en Guadeloupe ont permis de confirmer que la combinaison épistillage/gainage au stade "doigts horizontaux" assure la meilleure protection des fruits contre cette maladie. Mais, un gainage effectué précocement améliore la croissance des fruits et permet un contrôle satisfaisant de la maladie dont la sévérité s'accroît avec la réalisation tardive de cette opération agricole. Cette étude a aussi permis de démontrer que le volume des précipitations n'a aucun effet sur le niveau de contamination des fruits issus des régimes gainés précocement pendant les 35 premiers jours après la jetée. Tel n'est pas le cas des fruits provenant des régimes non gainés ou gainés tardivement.

**Mots clés :** *Guadeloupe, bananier, Colletotrichum musae, gainage, épistillage, contamination, inoculum.*



## **INTRODUCTION**



## INTRODUCTION

Les bananiers sont cultivés dans toutes les régions tropicales et subtropicales où ils constituent un enjeu socio-économique et politique important. Non seulement ces fruits font partie de l'alimentation de base de nombreuses populations d'Afrique, d'Asie, d'Amérique latine ou d'Océanie, mais ils leur fournissent aussi des revenus non négligeables par le biais des spéculations dont ils sont l'objet sur les marchés locaux et internationaux. Au cours de cette dernière décennie, la demande accrue des consommateurs occidentaux en bananes dessert et l'importance des devises générées par leur commercialisation ont poussé à l'intensification de cette culture dans la plupart des pays producteurs. Il s'en est alors suivi une extension des exploitations industrielles en vue des exportations de bananes vers les pays d'Europe ou d'Amérique du nord. La production mondiale de bananes dessert est de l'ordre de 60 millions de tonnes dont 20% environ sont principalement exportées par une dizaine de pays (Equateur, Costa Rica, Honduras, Guatemala, Cameroun, Côte d'Ivoire, ...). Environ 80% des exportations sont dirigées vers les Etats-Unis ou l'Union Européenne (Loeillet, 1998). En 1999, la Guadeloupe et la Martinique occupaient le huitième rang mondial des exportateurs de bananes. Mais à l'instar des autres pays producteurs, elles sont confrontées à la forte concurrence des bananes des grandes multinationales américaines (Chiquita, Dole et Del Monte) sur le marché international. L'accès des bananes concurrentes au marché européen est toutefois réglementé par des dispositions assez restrictives de l'Organisation Commune des Marchés de la Banane (OCMB). Cette organisation a institué un contingentement des importations de bananes par le biais d'une tarification selon l'origine et par la mise en place d'un système de certificats d'importation des bananes "dollar" produites principalement par les multinationales américaines. Cette organisation apporte également un important soutien financier, sous forme d'aides compensatoires, aux producteurs des régions politiquement rattachées à l'Europe (les Antilles françaises, Canaries, Madère) et les pays ACP<sup>1</sup>. Les réglementations de l'OCMB ont cependant été remises en question par les Etats-Unis et par certains pays producteurs d'Amérique latine (Equateur, Costa Rica, Mexique, Honduras, Guatemala, ...) car elles sont jugées incompatibles avec les règles du commerce international régies par l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC) qui prône le libre échange des marchandises sur le marché.



La banane est l'une des principales cultures de rentes des Antilles françaises. En 1999, elle a occupé 24% des terres arables guadeloupéennes, soit environ 5 730 hectares. Elle a participé à la création de nombreux emplois pour la population active de cet archipel où le chômage demeure une préoccupation importante pour les autorités administratives (Anonyme, 1998). L'importance de cette nouvelle rente a entraîné une forte structuration de l'ensemble de la profession bananière. Celle-ci s'organise autour de groupements de producteurs en SICA<sup>2</sup> (KARUBANA et BANAGUA) et autour d'associations de divers intervenants de la filière tels que les mûrisseurs (Pomona, Agrisol, Coproban, Sodepa, ...) et les GIE<sup>3</sup> (Agro-service ou Serviproban). Ces groupements ont pour objectifs de défendre les intérêts des producteurs, d'organiser l'exportation et de faciliter la commercialisation de la production. L'industrie bananière guadeloupéenne est en effet régulièrement victime d'accidents climatiques variés (cyclones, précipitations importantes, sécheresses inhabituelles, etc...). De plus, elle est fortement pénalisée par les coûts élevés de la main-d'œuvre qui augmentent considérablement les coûts de production. Compte tenu de ces différents facteurs, les bananes antillaises sont par conséquent nettement moins compétitives que celles des pays exportateurs d'Afrique et d'Amérique latine où les coûts de production sont plus faibles.

Une voie de valorisation de la banane antillaise sur le marché mondial est la recherche d'une image de marque particulière des fruits d'exportation. Cette image peut être notamment obtenue par la mise en œuvre de pratiques agricoles respectueuses de l'environnement et la valorisation des segments commerciaux originaux. Un programme de recherche est ainsi actuellement conduit à cet effet par le **CIRAD-FLHOR** avec le soutien financier de l'Union Européenne (FEOGA<sup>4</sup>), des autorités agricoles françaises (ODEADOM<sup>5</sup>) et des collectivités locales. Il intègre divers aspects de la qualité des bananes d'exportation dont le plus dommageable est leur état sanitaire sur le marché à la suite de la maladie des tâches brunes des bananes : l'anthracnose des fruits.

---

1 Afrique, Caraïbes et Pacifique

2 Société d'Intérêt Collectif Agricole

3 Groupement d'intérêt économique

4 Fonds Européen d'Orientation et de Garantie Agricole

5 Office de Développement de l'Economie Agricole des Départements d'Outre-mer

Le présent travail, dont l'objectif est d'améliorer la lutte contre l'anthracnose des fruits, s'inscrit dans la logique du programme de recherche sur l'amélioration de la qualité de la banane aux Antilles françaises. Il a été réalisé pendant six mois en Guadeloupe, au sein du laboratoire de phytopathologie de la Station du **CIRAD-FLHOR** de Neufchâteau, dans le cadre d'un stage de "Master of Science" organisé par l'Ecole Supérieure d'Agronomie Tropicale (**ESAT**) du **CNEARC** de Montpellier.



## 1 - LE BANANIER : description, culture et contraintes phytosanitaires

Les bananiers seraient originaires d'Asie du sud-est. Ils appartiennent à la famille des Musaceae dans l'ordre des Zingiberales. Cette famille se compose uniquement des genres *Ensete* et *Musa*. Excepté *E. ventricosum* cultivé en Ethiopie pour ses fruits, ses feuilles et ses fibres, toutes les autres espèces du genre *Ensete* produisent des fruits non comestibles. Le genre *Musa* est quant à lui, constitué d'une quarantaine d'espèces parmi lesquelles se trouvent les deux espèces diploïdes ( $2n=22$ ), *M. acuminata* Colla (AA) et *M. balbisiana* Colla (BB) qui sont à l'origine de tous les bananiers cultivés (Stover & Simmonds, 1987 ; Jones, 2000). Ces deux espèces ont généré des cultivars triploïdes parthénocarpiques qui produisent des bananes sans graines. Ce caractère est un des critères importants de sélection ayant favorisé la généralisation de ces cultivars. Les bananiers cultivés peuvent être classés en deux grandes catégories en fonction du type de fruits : les cultivars produisant des bananes à cuire, riches en amidon telles que les plantains et les cultivars de type "dessert" produisant des fruits plus sucrés. Les bananiers cultivés pour l'exportation sont des triploïdes de *M. acuminata* (AAA) appartenant au sous-groupe "Cavendish"(Bakry *et al.*) (tableau 1). Les cultivars les plus connus de ce sous-groupe sont : Poyo, Williams, Lacatan, Robusta, Grande Naine et Petite Naine ; ils ont commencé à être mis en place à partir des années 60 pour remplacer les bananiers du sous-groupe "Gros Michel", très sensibles à la maladie de Panama, causée par *Fusarium oxysporum* Schl. Fsp. cubense.

### 1.1 - DESCRIPTION

Du point de vue botanique, le bananier est une plante herbacée caractérisée par une tige souterraine appelée rhizome, bulbe ou souche et par un faux-tronc constitué de gaines foliaires fortement imbriquées entre elles. A leur partie supérieure, les gaines foliaires se différencient en longues feuilles aux larges limbes, disposées en spirale sous forme d'un bouquet au-dessus du pseudo-tronc. L'initiation foliaire se fait à partir d'un méristème apical centré à la base du pseudo-tronc. Ainsi, les nouvelles feuilles poussent à l'intérieur du pseudo-tronc et émergent au centre du bouquet constitué par les anciennes feuilles. Le bananier émet en moyenne deux ou quatre feuilles par mois, en fonction des cultivars et des facteurs du milieu. Après l'émission d'un certain nombre de feuilles, le méristème apical se différencie et initie le développement d'une inflorescence qui émerge du pseudo-tronc sous



## **LE BANANIER**



**Tableau 1.** Classification et répartition géographique des principaux bananiers cultivés (Bakry *et al.*, 1997)

Sous-groupe	Cultivars	Type de fruit	Distribution
<b>Groupe AA</b>			
• Sucrier	Pisang Mas, Frayssinette Figue sucrée	dessert sucré	tous continents
• Pisang Lilin	-----	dessert	Indonésie, Malaisie
• Pisang Berangan	-----	dessert	Indonésie, Malaisie
• Lakatan	-----	dessert	Philippines
<b>Groupe AAA</b>			
• Cavendish	Lacatan, Poyo, Williams Grande Naine, Petite Naine	dessert	pays exportateurs
• Gros Michel	Gros Michel, Highgate, Cocos	dessert	tous continents
• Figue Rose	Figue Rose rose, Figue Rose verte	dessert	Philippines, Pacifique, Antilles
• Lujugira	Intundu, Mujuba	à bière, à cuire	Afrique de l'Est
• Ibota	Yangambi km 5	dessert	Indonésie, Afrique
<b>Groupe AB</b>			
• Ney Poovan	Safet Velchi, Sukari	dessert acide	Inde, Afrique de l'Est
<b>Groupe AAB</b>			
• Figue Pomme	Maçà, Silk	dessert acide	tous continents
• Pome	Prata	dessert acide	Inde, Malaisie, Australie, Brésil, Afrique de l'Ouest
• Mysore	Pisang Ceylan	dessert acide	Inde
• Pisang Kelat	Pisang Kelat	dessert	Inde, Malaisie
• Pisang Rajah	Pisang Rajah Bulu	à cuire	Malaisie, Indonésie
• Plantains	French, Corne, Faux Corne	à cuire	Afrique du Centre et de l'Ouest, Caraïbe, Amérique latine
• Popoulou	Popoulou	à cuire	Pacifique
• Laknao	Laknao	à cuire	Philippines
• Pisang Nangka	Pisang Nangka	à cuire	Malaisie
<b>Groupe ABB</b>			
• Bluggoe	Bluggoe, Matavia, Poteau, Cacambou	à cuire	Philippines, Caraïbe, Amérique latine
• Pelipita	Pelipita	à cuire	Philippines, Amérique latine
• Pisang Awak	Fougamou	dessert	Thaïlande, Inde, Philippines, Afrique de l'Est
• Peyan	-----	à cuire	Philippines, Thaïlande
• Saba	Saba	à cuire	Philippines, Indonésie, Malaisie
<b>Groupe AAA</b>	<b>Champa Nasik</b>	<b>dessert</b>	<b>-----</b>

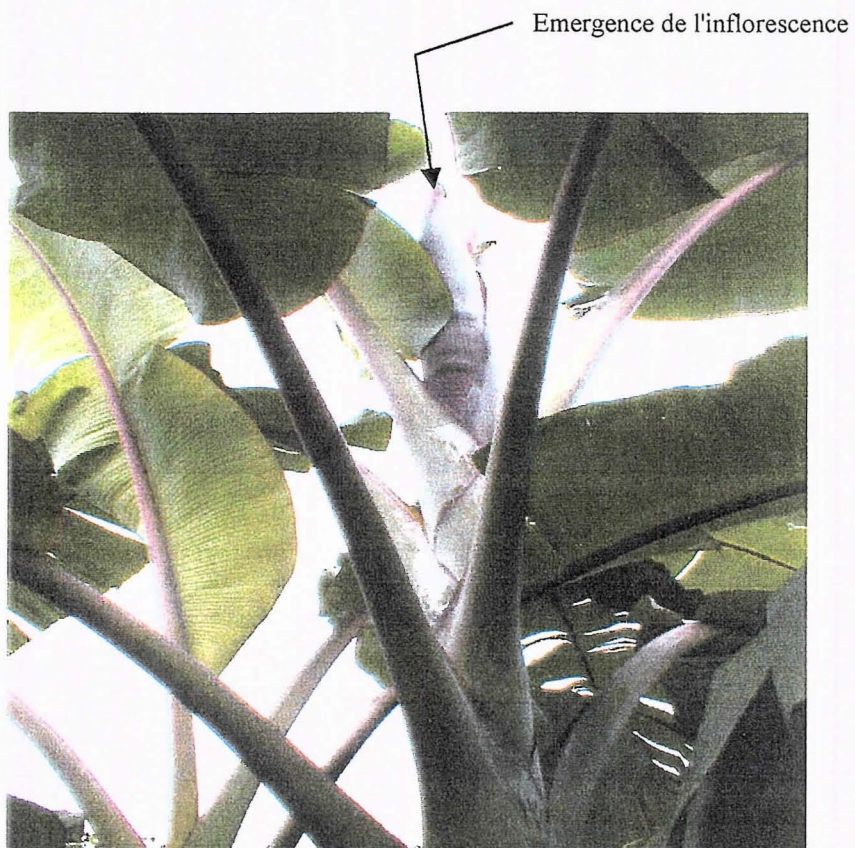
## 1 - LE BANANIER : description, culture et contraintes phytosanitaires

Les bananiers seraient originaires d'Asie du sud-est. Ils appartiennent à la famille des Musaceae dans l'ordre des Zingiberales. Cette famille se compose uniquement des genres *Ensete* et *Musa*. Excepté *E. ventricosum* cultivé en Ethiopie pour ses fruits, ses feuilles et ses fibres, toutes les autres espèces du genre *Ensete* produisent des fruits non comestibles. Le genre *Musa* est quant à lui, constitué d'une quarantaine d'espèces parmi lesquelles se trouvent les deux espèces diploïdes ( $2n=22$ ), *M. acuminata* Colla (AA) et *M. balbisiana* Colla (BB) qui sont à l'origine de tous les bananiers cultivés (Stover & Simmonds, 1987 ; Jones, 2000). Ces deux espèces ont généré des cultivars triploïdes parthénocarpiques qui produisent des bananes sans graines. Ce caractère est un des critères importants de sélection ayant favorisé la généralisation de ces cultivars. Les bananiers cultivés peuvent être classés en deux grandes catégories en fonction du type de fruits : les cultivars produisant des bananes à cuire, riches en amidon telles que les plantains et les cultivars de type "dessert" produisant des fruits plus sucrés. Les bananiers cultivés pour l'exportation sont des triploïdes de *M. acuminata* (AAA) appartenant au sous-groupe "Cavendish" (Bakry *et al.*) (tableau 1). Les cultivars les plus connus de ce sous-groupe sont : Poyo, Williams, Lacatan, Robusta, Grande Naine et Petite Naine ; ils ont commencé à être mis en place à partir des années 60 pour remplacer les bananiers du sous-groupe "Gros Michel", très sensibles à la maladie de Panama, causée par *Fusarium oxysporum* Schl. Fsp. cubense.

### 1.1 - DESCRIPTION

Du point de vue botanique, le bananier est une plante herbacée caractérisée par une tige souterraine appelée rhizome, bulbe ou souche et par un faux-tronc constitué de gaines foliaires fortement imbriquées entre elles. A leur partie supérieure, les gaines foliaires se différencient en longues feuilles aux larges limbes, disposées en spirale sous forme d'un bouquet au-dessus du pseudo-tronc. L'initiation foliaire se fait à partir d'un méristème apical centré à la base du pseudo-tronc. Ainsi, les nouvelles feuilles poussent à l'intérieur du pseudo-tronc et émergent au centre du bouquet constitué par les anciennes feuilles. Le bananier émet en moyenne deux ou quatre feuilles par mois, en fonction des cultivars et des facteurs du milieu. Après l'émission d'un certain nombre de feuilles, le méristème apical se différencie et initie le développement d'une inflorescence qui émerge du pseudo-tronc sous





**Photo 1 :** *Stade fleur pointante*

l'effet de l'allongement de la vraie tige. Cette étape du développement du bananier correspond au premier stade de la floraison où l'inflorescence est dressée au milieu du bouquet foliaire : c'est le stade dit "Fleur pointante" (photo 1) dans notre étude. La vraie tige continue sa croissance en formant une longue hampe qui oblige l'inflorescence à se recourber vers le bas : c'est le deuxième stade de la floraison encore appelé "jetée". Après ce stade, les bractées s'ouvrent et tombent en découvrant les jeunes fruits. Au départ, les fruits sont orientés vers le bas. Ils se redressent ensuite progressivement pour adopter une position horizontale une semaine après la "jetée". Au bout d'une semaine après ce stade de croissance, ils commencent à se recourber vers le haut pour adopter leur position définitive.

L'inflorescence du bananier appelée régime, a une croissance indéfinie. Après l'ouverture de toutes les bractées, elle est constituée de plusieurs séries de fleurs ou *main*s disposées en trois hélices sur la hampe. Chaque main comporte 12 à 30 fleurs réparties en deux rangées sur un bourrelet de la hampe appelé *coussinet*. Les 6 à 14 premières mains du régime sont formées de fleurs femelles qui évolueront en fruits ou *doigts*. Par contre, toutes les mains suivantes sont constituées de fleurs mâles qui dégénèrent et tombent rapidement. Elles précèdent un bourgeon mâle appelé *popote*, situé à l'extrémité de la hampe. Les bananes sont des fruits parthénocarpiques issues d'une hypertrophie carpellaire des ovules ayant avorté. Les pièces florales qui subsistent après la formation des fruits sont l'androcée, le périanthe et le style. Mais, celles-ci séchent très rapidement au cours de la croissance des fruits. Le processus de formation des fruits précédemment décrit concerne surtout les bananiers couramment cultivés.

## **I.2 - LA CULTURE DE LA BANANE**

### **I.2.1 - Eléments de caractérisation des exploitations de bananes en Guadeloupe**

En Guadeloupe, la majorité des exploitations de bananes est située en Basse-Terre, région caractérisée par une diversité de situations pédo-climatiques. Au cours de ces dernières années, de nombreuses bananeraies ont cependant été créées en Grande-Terre où le climat sec et les sols argileux, qui constituent pourtant des contraintes majeures de production, sont compensés par la présence de terrains facilement mécanisables et par des réseaux d'irrigation plus développés qu'à Basse-Terre.



Les plantations situées en zones de basse altitude (0 à 200 m) bénéficient de fortes températures qui réduisent le cycle végétatif des bananiers à 9 mois en moyenne. En revanche, elles sont confrontées à la sécheresse du fait des faibles pluviométries annuelles pouvant être de 600 à 1000 mm dans certaines zones de 0 à 40 m d'altitude de Grande-Terre (Anonyme, 1998 ; de Lapeyre, 1999). L'irrigation est donc indispensable pour la mise en place de bananeraies dans un tel contexte pédo-climatique. Par contre, à des altitudes supérieures à 300 m, les températures moins élevées entraînent un allongement du cycle végétatif des bananiers (13 à 14 mois environ) et l'importance des précipitations favorise une réduction considérable de la pratique de l'irrigation. Les plantations localisées dans les plaines, à moins de 300 m d'altitude, occupent environ 78% de la surface bananière guadeloupéenne alors que celles d'altitude n'en représentent que 22% environ (Malessard, communication personnelle).

La taille des exploitations constitue également un autre critère permettant de catégoriser la bananeraie guadeloupéenne. D'après les statistiques de la SICA-ASSOBAG de 1994, 65,2% des exploitations concernées par l'exportation des bananes ont moins de 5 ha et occupent environ 24% de la superficie bananière. Par ailleurs, 28,4% de ces exploitations sont de taille comprise entre 5 et 10 ha et représentent 35% de cette surface. Seulement 6,4% sont de taille supérieure à 20 ha sur environ 41% des terres cultivées en bananes. En outre, certaines exploitations sont exclusivement orientées vers la monoculture de la banane d'exportation alors que d'autres disposent d'activités connexes telles que l'élevage, le maraîchage ou diverses productions spéculatives (ananas, canne à sucre, etc.)

### **I.2.2 - Itinéraire technique**

En Guadeloupe, il existe une grande diversité de techniques culturales en fonction des types d'exploitations. Mais en général, les bananeraies orientées vers l'exportation sont conduites suivant des itinéraires techniques productivistes pour l'obtention des fruits ayant des critères qui obéissent aux normes du marché. C'est de ce type de production que nous traiterons dans le présent paragraphe. De la mise en place des bananiers à la récolte des régimes, une nouvelle plantation nécessite ainsi une succession d'opérations agricoles :

**1- La préparation du sol** : il s'agit de favoriser un enracinement rapide des plants. Elle consiste à faire un labour profond qui permet aussi de broyer et d'enfouir les débris végétaux présents dans la parcelle. Un sillonnage du sol est ensuite effectué après un bon drainage. Au besoin un apport en éléments minéraux (P, K, Ca, ou Mg) est effectué (Anonyme, 1999).

**2 - La mise en place** : pour la réalisation de nouvelles plantations, les producteurs font de plus en plus recours aux vitroplants issus de la culture d'apex. Ces plants ont l'avantage d'être indemnes de maladies et de ravageurs. Ils seraient de surcroît très productifs en premier cycle (Jones, 2000). Parfois, les plantations sont mises en place avec des rejets provenant des bananeraies en fin de production. Dans ce cas, ils ont environ un mètre de hauteur et un bulbe de 15 à 20 cm de diamètre. Avant leur mise en place, ils sont soigneusement nettoyés et leur base est trempée dans une boue mélangée avec un nématicide. Quel que soit le type de matériel végétal utilisé, les plants sont mis en terre suivant une disposition en quinconce, en lignes jumelées ou en lignes simples. Leur densité varie entre 1500 et 2300 plants à l'hectare en fonction de la disposition adoptée. Les engrais sont apportés dès la plantation mais la fréquence des épandages dépend du type de sol et de la pluviométrie. Deux mois environ après la plantation, les plants morts sont remplacés (*recourage*).

**3 – La protection phytosanitaire** : il s'agit surtout du désherbage chimique et des traitements contre les charançons et les nématodes. L'application d'un herbicide de pré-émergence est effectuée immédiatement après la plantation. Les herbicides de contact sont par contre appliqués régulièrement sur les adventices pour éviter leur concurrence et pour détruire d'éventuels foyers d'insectes nuisibles aux bananiers (thrips, charançons, etc.). Contre les charançons, le traitement insecticide est réalisé en barrière autour du bulbe. Contre les nématodes, il est effectué trois fois par an, sur un sol nu dans un rayon de 50 cm environ de la souche.

**4 -Le buttage** : il consiste à ramener de la terre autour du collet pour favoriser l'émission de nouvelles racines et pour éviter le *déchaussement* des bananiers.

**5 - L'oeilletonnage** : c'est une opération qui prépare un nouveau cycle de culture et qui permet de maintenir la densité de plants par hectare. Une sélection des rejets vigoureux et aussi uniformes que possible est effectuée pour prévoir le remplacement des plants en





Photo 2 : Disque de prévision de récolte

production. La sélection des rejets est faite sur le rang de manière à respecter l'alignement des bananiers dans la parcelle. Tous les autres rejets sont détruits avec précaution afin de préserver le système racinaire de la plante.

**6 - Les soins aux régimes** : il s'agit d'un ensemble de techniques culturales qui favorisent une meilleure formation des fruits et qui limitent les agressions parasites.

a) Le dégagement du régime est effectué à partir du stade «fleur pointante » par l'élimination des feuilles qui pourraient gêner sa croissance.

b) Au stade «doigts horizontaux », la «popote » et les fausses mains sont supprimées, sauf le plus gros doigt de la dernière fausse main qui est conservé comme tire-sève. Le régime est ensuite mis sous une gaine en matière plastique, souvent de couleur bleue, attachée sur la hampe, au niveau de la cicatrice de la première bractée : c'est le *gainage*. La couleur bleue intercepte mieux les rayons ultraviolets qui provoquent les brûlures des fruits. Parfois, cette opération est précédée d'un épistillage qui consiste à éliminer les pièces florales persistantes à l'extrémité des doigts. Enfin, toutes les feuilles susceptibles de frotter sur les fruits sont régulièrement supprimées, en veillant toutefois que le bananier conserve au moins une dizaine de feuilles saines à la récolte.

c) Le marquage : cette opération permet un repérage rapide des régimes susceptibles d'être récoltés. Elle consiste à marquer les régimes avec un ruban de couleur spécifique correspondant à la semaine à laquelle les doigts de la dernière main sont en position horizontale. A partir de ce moment, il sera possible d'estimer la date de récolte à l'aide d'un disque approprié de prévision qui tient compte des normales de températures de chaque zone de production (photo 2).

d) Le haubanage : le but de cette opération est de soutenir les bananiers pouvant chuter sous le poids de leur régime, sous l'effet du vent ou du parasitisme tellurique (nématodes et charançons). Une corde attachée à la base de la hampe de leur régime permet de les arrimer au pseudo-troncs d'autres bananiers bien implantés.



**7 - La récolte :** la coupe des régimes est effectuée lorsque les bananes sont encore vertes et remplies au 3/4. A ce moment, elles ont en principe un grade de 32 à 34 mm, le grade étant le diamètre "équatorial" des doigts médians externes. Mais, le stade optimal de récolte est indiqué par le temps qui s'écoule entre la dernière main découverte et la coupe. Ce temps, appelé "intervalle fleur-coupe" (IFC), est soumis à une loi d'action de la température (Ganry & Meyer, 1975). Il correspond normalement à la somme des températures de 900 degrés-jours au seuil de 14°C (Ganry, 1978). Dans la pratique, les producteurs ont recours au disque de prévision de la récolte et à la mesure du grade pour décider de la date de coupe. Le choix de celle-ci est d'autant plus crucial qu'une récolte précoce déprécie les fruits du fait de leur faible poids et qu'une récolte tardive entraîne des fruits "*mûrs à l'arrivée*" caractérisés par un mûrissage prématuré pendant leur transport vers l'Europe. La banane est un fruit dit *climactérique* car sa maturation est déclenchée par une crise respiratoire survenant à la suite d'une synthèse endogène de l'éthylène. L'intervalle de temps entre la récolte des bananes et la crise respiratoire est appelé *durée de vie verte* ou DVV (Peacock, 1973). La qualité des fruits à l'exportation dépend aussi d'une bonne maîtrise des facteurs susceptibles d'allonger cette DVV, laquelle est estimée à 25 jours pour des fruits stockés à 12,5°C dans les polybags (Truter & Combrink, 1990). La DVV peut être réduite par :

- a) - un stade de coupe très avancé, lorsque les fruits ont un grade supérieur à 32mm ou alors lorsqu'ils sont à une somme des températures largement supérieure à 900°C-jours ;
- b) - les températures de conservation élevées, sachant que les bananes s'oxydent lorsqu'elles sont conservées à une température inférieure à 13°C ;
- c) - l'atmosphère de conservation riche en oxygène. La DVV est plus longue dans une atmosphère enrichie en CO<sub>2</sub> (5 à 7% au maximum) et appauvrie en O<sub>2</sub> (2% au minimum à 5%);
- d) - l'éthylène exogène, les chocs et les maladies foliaires (la cercosporiose).

### **1.2.3 – Opérations post-récoltes**

**1 – Le transport :** après la coupe, les régimes sont réceptionnés sur des plateaux rigides et matelassés. Ils sont ensuite sortis de la plantation, installés dans des remorques à berceaux ou équipées d'un système de penderies, et conduits lentement dans la station de conditionnement. Parfois, les régimes y sont directement amenés par un système de câbles

mobiles auxquels ils sont accrochés dès leur sortie du champ. Ces techniques de transport permettent d'éviter les chocs et le grattage des fruits. Dans les stations de conditionnement les bananes sont manipulées délicatement pour une présentation conforme aux exigences du marché.

**2 - L'épistillage** : dans la station de conditionnement, les régimes sont suspendus en penderie et débarrassés de leur gaine. Les fruits sont ensuite épistillés si cette opération n'a pas été effectuée en plantation.

**3 – Le dépattage et la découpe en bouquets** : il consiste à séparer les mains de bananes de la hampe à l'aide d'un couteau spécial appelé *Banacut*. Cette opération se fait du haut vers le bas du régime. Les mains "dépattées" doivent avoir un coussinet suffisamment large pour éviter la désolidarisation des doigts. Elles sont mises dans des bacs d'eau pour être découpées en bouquets de trois à huit doigts, opération au cours de laquelle tous les fruits présentant des défauts sont éliminés.

**4 – Le lavage et le traitement fongicide** : le lavage est effectué pendant une quinzaine de minutes dans un courant continu d'eau contenant du sulfate d'aluminium afin d'éliminer le latex qui s'écoule de la surface de coupe de la couronne. Il est immédiatement suivi d'un traitement fongicide des fruits avec du thiabendazole ou du bitertanol par pulvérisation ou par trempage.

**5 - L'emballage** : les bananes préalablement pesées et calibrées à 18,5 kg suivant la norme du marché sont disposées dans des sacs en matière plastique spéciaux (*polybags*) placés à l'intérieur de cartons pourvus de trous d'aération. Ces derniers sont ensuite entreposés dans des containers qui seront embarqués dans les bateaux pour leur transport vers les mûrisseries d'Europe. Au cours du transport, le métabolisme des fruits est ralenti par une réfrigération rapide à 13°C dont le but est d'allonger leur DVV et par conséquent, de les maintenir à l'état vert jusqu'à leur destination où leur mûrissage sera initié artificiellement par un traitement à l'éthylène (1000 ppm à 14-18°C pendant 24 h) (Robinson, 1996 ; Stover & Simmond, 1987)



### 1.3 – LES CONTRAINTES PHYTOSANITAIRES DU BANANIER

Les problèmes phytosanitaires du bananier peuvent être causés par des carences minérales ou des désordres physiologiques divers, par des ravageurs ou par plusieurs micro-organismes tels que des champignons, des bactéries ou des virus. Toutefois, dans cette partie de notre mémoire, nous ne traiterons que des ravageurs et de la mycoflore nuisibles des bananes d'exportation aux Antilles françaises.

#### 1.3.1 - Les ravageurs

a) LES NEMATODES : ils sont parmi les nuisibles les plus menaçants de la bananeraie en Guadeloupe. Ils fragilisent et déstructurent gravement le système racinaire des plants, rendant leur alimentation en eau et en éléments minéraux du sol très difficile. De plus, les bananiers ainsi attaqués chutent facilement sous l'effet du vent. Plusieurs espèces de nématodes parasitent le bananier mais *Radopholus similis* (Cobb) demeure l'espèce la plus pathogène. Jusqu'à présent, aucune méthode de lutte ne permet de l'éradiquer totalement. Le contrôle de ces ravageurs peut être effectué chimiquement par :

- le trempage du matériel végétal dans une émulsion de nématicides de la famille des carbamates ou des organophosphorés ;
- le pralinage qui consiste à tremper les rejets dans une boue additionnée de nématicides ;
- et la désinfection du sol par l'application des nématicides de contact ou systémiques en cas de fortes infestations après la mise en place des plants. Les molécules couramment utilisées contre les nématodes sont : l'ethoprophos (Mocap), le phenamiphos (Nemacur), le casudaphos (Rugby), l'aldicarbe (Temik) etc...

Cependant, certaines mesures non chimiques actuellement appliquées dans les bananeraies guadeloupéennes permettent de réduire considérablement les niveaux d'infestation de ce parasite. Les plantations sont réalisées sur un sol aussi sain que possible avec des plants indemnes de nématodes. Les plants sains sont obtenus par la micropropagation in-vitro et la réduction des populations de *R. similis* dans le sol peut être obtenue par une jachère d'un an ou par des rotations culturales avec les plantes "non-hôtes" comme l'ananas, la canne à sucre

ou *Bracharia*. En Côte d'Ivoire, l'effet antagoniste de certaines plantes telles que *Panicum maximum* ou *Chromolaena odorata* avait déjà été démontré (Sarah *et al.*, 1983).

b) LES INSECTES : sur les bananiers, les dégâts dus aux insectes peuvent être différenciés en deux catégories en fonction de l'organe attaqué : les dégâts sur le pseudo-tronc et les dégâts sur les fruits. Parfois, le pseudo-tronc peut se casser suite aux attaques de *Cosmopolites sordidus*, un charançon dont la larve y creuse de nombreuses galeries. Cet insecte est contrôlé par des traitements insecticides en barrière autour du bulbe et les produits utilisés habituellement sont le pyrimiphos-ethyl (Bulit), l'isophenphos (Oftanol) ou le fipronil (Regent). Mais il existe des possibilités non chimiques telles que les pièges à phéromones actuellement en étude au Cirad-Flhor. De plus, des tentatives de lutte biologique contre ces ravageurs sont actuellement menées au Cuba avec *Beauveria bassiana* (Bals.) Viull. et *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sor. (Castineiras *et al.*, 1991).

Quant aux dommages sur les fruits, ils sont essentiellement causés par les thrips qui détériorent la qualité des bananes. Le thrips de la fleur ou *Frankliniella parvula* provoque des aspérités sur les fruits. Le thrips de la rouille ou *Chaetanaphothrips orchidii* entraîne la subérisation de la peau des bananes et celui de la rouille argentée ou *Hercinothrips femoralis* est responsable des tâches argentées sur les fruits. Pour lutter contre les thrips, les producteurs pratiquent l'ablation précoce de la «popote», le désherbage systématique et l'engainage des régimes. En cas de fortes attaques, ils réalisent des traitements insecticides avec de la deltaméthrine (Decis flow), de l'abamectin (Vertimec) ou du chlorpyrifos ethyl (Dursban). Mais, les résultats préliminaires des travaux en cours en Martinique montrent que les infestations des thrips peuvent être efficacement contrôlées avec un gainage précoce (Leblanc et Chabrier, communication personnelle).

c) LES ACARIENS : ils envahissent les feuilles et réduisent par conséquent l'activité photosynthétique des plantes. Comme dans le cas des caféiers au Brésil, leur pullulation sur les bananiers serait occasionnée par l'excès des traitements fongicides qui éliminent les champignons antagonistes (Réis & de Souza, 1986). Les acariens demeurent toutefois localisés à quelques plants de la parcelle. Leur contrôle est assuré par des pulvérisations de bromopropylale (Neoron) et d'abamectin (Vermitec).



### 1.3.2 - La mycoflore parasite

Certains champignons saprophytes sont capables de parasiter les organes de la plante dans des conditions particulières du milieu. C'est par exemple le cas de quelques espèces de *Fusarium*, de *Botryodiplodia*, etc... sur la couronne des bananes après leur découpe en bouquets. Nous restreindrons cependant notre présentation aux maladies des fruits et des feuilles occasionnées par les champignons pathogènes spécifiques du bananier.

a) LA CERCOSPORIOSE JAUNE : cette maladie foliaire, encore appelée maladie de Sigatoka, est causée par *Mycosphaerella musicola* Leach. Elle se manifeste par des nécroses en forme de bâtonnets, entourées d'un halo jaune sur le limbe des feuilles. Les feuilles attaquées présentent des raies jaunes qui finissent par devenir coalescentes, provoquant successivement leur jaunissement et leur dessèchement. La cercosporiose entraîne ainsi une réduction de la surface foliaire des bananiers, ce qui diminue la vitesse de croissance des fruits et surtout, occasionne une maturation précoce des fruits compromettant ainsi gravement leur exportation. La cercosporiose noire due à *Mycosphaerella fijiensis*, beaucoup plus dommageable que la cercosporiose jaune est présente dans les régions avoisinantes (Cuba, Jamaïque, St Domingue, Venezuela, Haïti) mais, elle n'a pas encore été signalée en Guadeloupe. Elle constitue néanmoins une menace potentielle pour la culture de la banane dans cette île.

Les traitements fongicides par voie aérienne et un bon entretien des plantations assurent un contrôle satisfaisant de la cercosporiose jaune en Guadeloupe. La généralisation d'une lutte raisonnée, centralisée au niveau d'un regroupement des producteurs, a permis de contrôler efficacement et durablement cette maladie avec 5 à 6 traitements par an en moyenne contre 40 à 50 en 1950 (de Lapeyre et *al.*, 1997). Cette lutte raisonnée repose sur les principes suivants :

- un système d'avertissement basé sur les données bioclimatiques ;
- l'utilisation d'huiles de pétrole qui ont des propriétés fongistatiques ;

- l'alternance des fongicides systémiques ayant les modes d'action différents :
  - le benomyl (Benlate) qui est un antiméiotique,
  - le propiconazole (Tilt), le tebuconazole (Foliaz) ou le difeconazole (Sico) qui sont les IBS du groupe 1
  - le tridemorphe (Calixine) qui est un IBS du groupe 2.
- les recommandations sur l'entretien des bananeraies : le drainage des parcelles et de leurs abords, la suppression des feuilles malades, etc... (Anonyme, 1999)

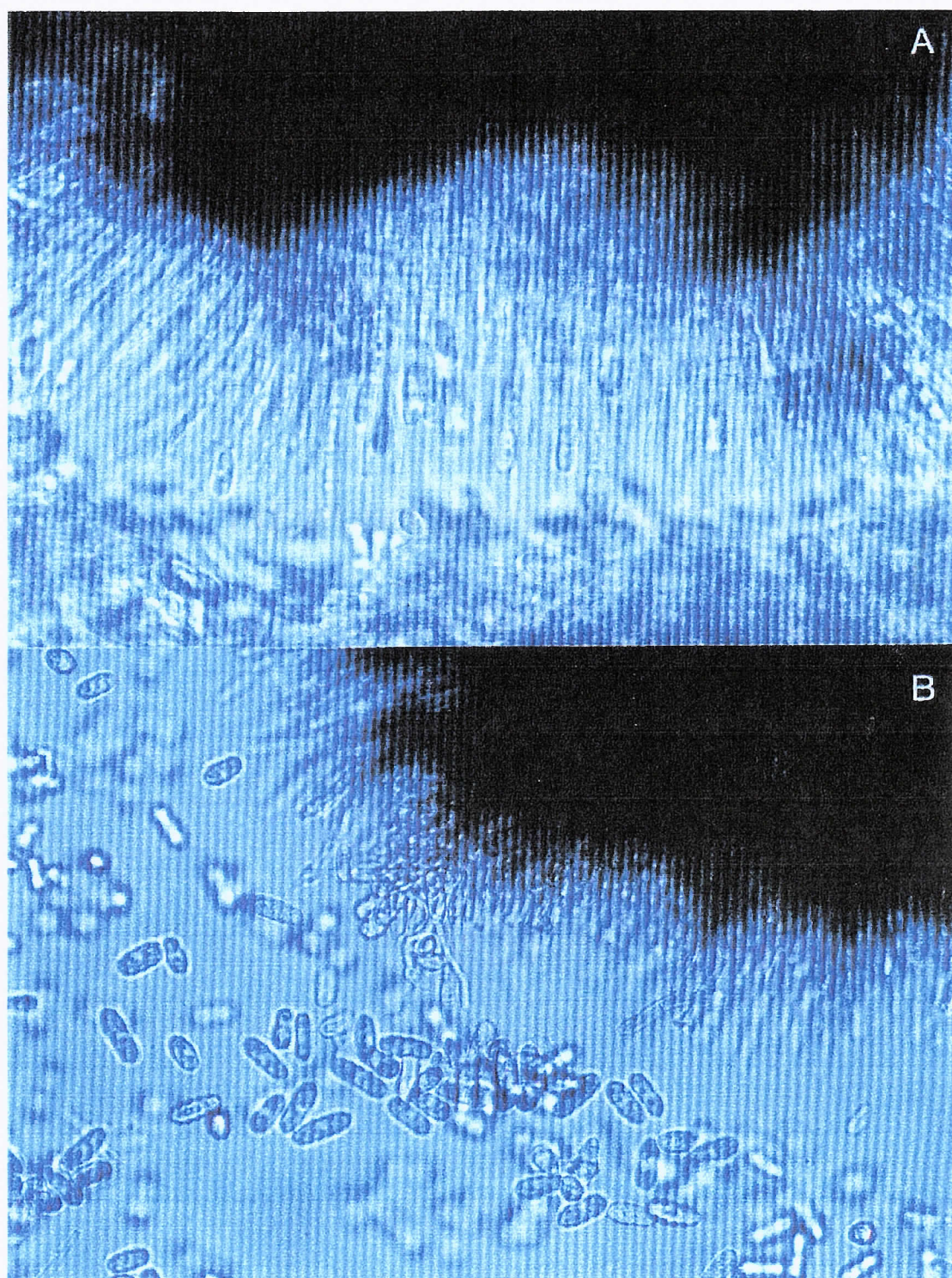
b) L'ANTHRACNOSE DES FRUITS : cette maladie post-récolte des bananes est la principale cause de dégradation de la qualité des bananes à l'exportation. Elle constitue le centre d'intérêt de notre travail ; sa caractérisation et son développement sont largement traités dans la deuxième partie de ce mémoire.



## **L'ANTHRACNOSE DES FRUITS**

## **L'ANTHRACNOSE DES FRUITS**





**Photo 3 :** *Acervule de Colletotrichum sp*

A - production des conidies sur les conidiophores

B - libération des conidies



## 2 - L'ANTHRACNOSE DES FRUITS

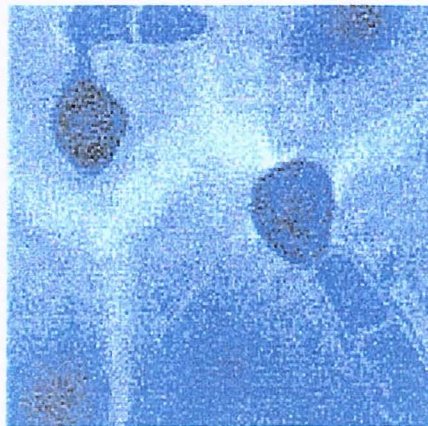
### 2.1 - L'AGENT PATHOGENE

*Colletotrichum musae*, agent de l'anthracnose de la banane est un champignon du groupe des Deutéromycètes car il présente des filaments mycéliens cloisonnés. Il est classé parmi les champignons imparfaits à cause de son mode de reproduction asexuée. Ses conidies sont produites à partir du bourgeonnement des conidiophores. Elles sont hyalines, de forme elliptique, et situées à l'extrémité des conidiophores qui, eux-mêmes sont accolés les uns aux autres formant ainsi une structure fructifère appelée acervule (photo 3). Cette structure commune aux espèces du genre *Colletotrichum*, a permis de classer *C. musae* dans l'ordre des Mélanconiales. Elle est composée d'un mucilage hydrophile de couleur orange renfermant les conidies et composé de polysaccharides, de glycoprotéines et de divers enzymes (Bailey *et al.*, 1992).

Le pathogène avait tout d'abord été décrit comme *Myxosporium musae* en 1874 par Berkeley. Il a ensuite été appelé *Gloeosporium musarum* en 1887 avec Cooke avant d'entrer en synonymie avec *Colletotrichum musae* en 1957 à la suite d'une révision des genres *Gloeosporium* et *Colletotrichum* par Von Arx. Certains champignons présentant des périthèces avec des asques bien différenciés ont été isolés des fruits malades et d'autres organes du bananier. Ils ont été identifiés comme *Glomerella musarum* Petch et assimilés à la forme parfaite de *C. musae*; mais leur pathogénicité sur les bananes n'aurait pas encore été établie. Par ailleurs, *C. gloeosporioides* a parfois été isolé des lésions d'anthracnose et certains de ces isolats occasionnent des nécroses sur les bananes blessées, à la suite d'inoculations artificielles suivies de traitements à l'éthylène (de Lapeyre, 1999). Toutefois, *C. musae* est reconnu comme le principal agent pathogène des anthracnoses des fruits et sa spécificité sur la banane n'a jamais été mise en cause dans la littérature.

Les descriptions morphoculturelles du pathogène sont peu précises à cause de l'instabilité de son faciès sur milieu artificiel. Cette variabilité est probablement due à la composition du milieu de culture, aux conditions de stockage des isolats et aux possibles mutations subies par le champignon au cours de sa croissance. Sur le milieu de Mathur, *C. musae* peut être caractérisé par :





**Photo 4 :** *approssoria de Colletotrichum musae*

- a) un mycélium aérien ras, peu développé et de couleur blanche qui s'assombrit avec l'âge de la culture;
- b) de nombreuses acervules de couleur orange;
- c) une croissance mycélienne rapide;
- d) la forme arrondie des extrémités des conidies.

La forme lobée des appressoria et leur taille (6 à 9 m) constituent un autre caractère distinctif de *C. musae*. (photo 4)

## 2.2 - LES MALADIES DES FRUITS

En général, les symptômes d'anthracnose ne sont pas visibles en plein champ. Ils apparaissent après la récolte des fruits et en particulier au cours de leur conservation et de leur mûrissage. Il existe plusieurs types de pourritures sur les fruits :

- a - les pourritures à *Botryodiplodia*, caractérisées par des tâches brunes aux contours diffus pouvant devenir coalescentes au fil du temps,
- b - les spots de sénescences qui sont des petites tâches dues à la surmaturation des fruits,
- c - la pourriture des couronnes ou « *crown rot* » et l'anthracnose des fruits auxquelles cette section de notre mémoire est consacrée.

### 2. 2.1 – La pourriture des couronnes ou "*Crown rot*"

Cette maladie est favorisée par les blessures dues au dépaillage et à la coupe des bananes en bouquets en vue de leur exportation. Elle se manifeste par une pourriture noire, sèche ou humide et souvent recouverte d'un mycélium blanc au niveau de la couronne des fruits. Parfois, cette pourriture atteint les pédoncules des fruits et envahit progressivement les doigts d'une main. Les auteurs sont unanimes sur le fait que cette pourriture est causée par un complexe parasitaire constitué majoritairement de *Colletotrichum musae* et de *Fusarium spp.* (Finlay & Brown, 1993 ; Shillingford, 1978 ; Griffie & Burden, 1976 ; Lukezic *et al.*, 1967). Certains d'entre eux, comme Finlay et Brown (1993) ont souligné le rôle prépondérant



de *C. musae* dans ce complexe, alors que d'autres comme Lukezic *et al.* (1967) et Marin *et al.* (1996) ont plutôt soutenu celui de *Fusarium* sp. Parmi les champignons responsables de cette maladie, *Cephalosporium* sp. a été cité par Lukezic *et al.* (1967). Certains champignons de faiblesse du genre *Botryodiplodia* et *Verticilium* ont, en outre, été isolés de ces pourritures. Pour Knight (1982), les *Fusarium* spp. sont les pathogènes primaires de la pourriture des couronnes et notamment : *F. semitectum*, *F. graminearum*, *F. moniliforme* et *F. oxysporum*.

### 2.2.2 – Les anthracnoses

Les premières manifestations de cette maladie se traduisent par des tâches nécrotiques sombres, en dépression et aux contours plus ou moins nets sur la peau des fruits. En vieillissant, ces tâches s'agrandissent, deviennent coalescentes et s'étendent sur l'ensemble du fruit, occasionnant ainsi sa pourriture jusqu'au niveau de la pulpe. Les blessures de la peau activent le développement des lésions sur les fruits. Mais, le champignon est également capable de mettre en jeu ses propres structures pour s'installer dans les tissus de l'hôte. Ainsi, en fonction de ces deux principaux modes de pénétration du parasite, Meredith (1960) a distingué deux types d'anthracnoses sur la banane : l'anthracnose des blessures et celle des infections dites latentes. Pour ce dernier type d'anthracnose, Swinburne (1983) a adopté la dénomination "*anthracnose des infections quiescentes*". Cette nouvelle dénomination avait pour objectif de marquer la différence fondamentale existant entre la notion de latence et celle de quiescence observée dans le cas de l'anthracnose de la banane. La quiescence du pathogène est alors définie comme « *l'interruption du processus infectieux du fait des conditions imposées par la physiologie de l'hôte* » (Swinburne, 1983).

#### 2.2.2.1 - L'anthracnose de blessures

Cette forme d'anthracnose survient à la faveur de blessures occasionnées dans la plupart des cas par les nombreuses manipulations post-récolte des fruits. Les nécroses issues de ce mode d'infection sont très profondes et apparaissent plus rapidement que sur les bananes indemnes de blessures. Elles se développent sur les fruits verts après la récolte (Meredith, 1960), provoquant ainsi le raccourcissement de leur durée de vie verte (Peacock, 1973). Ce phénomène serait lié à un dégagement d'éthylène dû au stress subi par les fruits blessés.

#### 2.2.2.2 - L'antracnose des infections quiescentes

Ce type d'infections est en général le fait des espèces du genre *Colletotrichum* et *Gloeosporium*. Sur la banane, les premiers symptômes ne sont visibles qu'au cours de la maturation des fruits. Les conidies de *C. musae* adhèrent à la surface des fruits immatures, germent et demeurent quiescentes tant que les bananes sont vertes. La reprise de leur croissance survient au moment du mûrissement des fruits en provoquant des lésions typiques d'antracnose qui présentent des fructifications de couleur orange en vieillissant. Le processus infectieux est ainsi caractérisé par deux phases : en premier lieu, le pathogène forme ses structures infectieuses sans pénétrer les cellules de l'hôte, puis en second lieu, il les colonise et les détruit en occasionnant les symptômes visibles.

### 2.3 - EPIDEMIOLOGIE DE L'ANTHRACNOSE

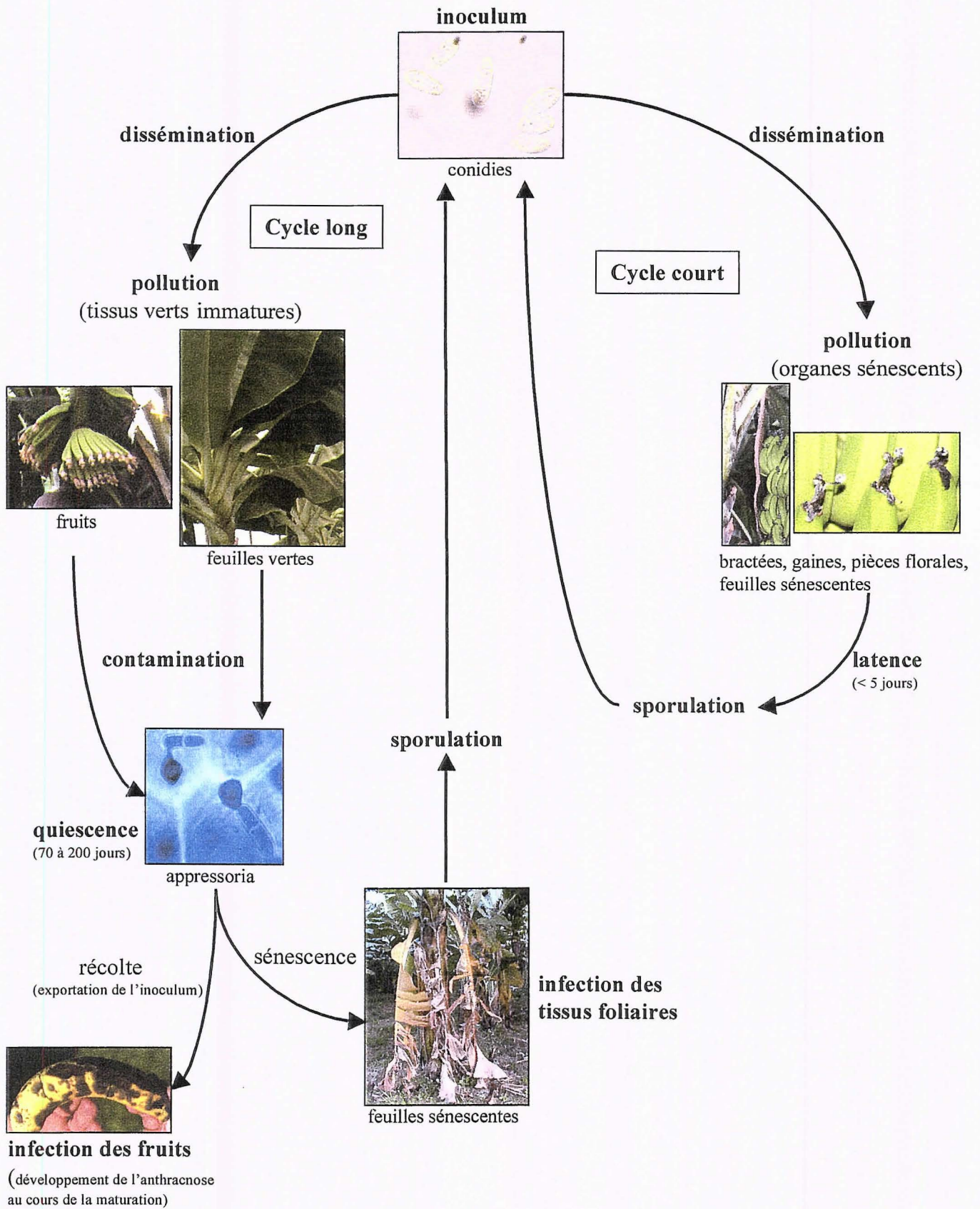
Dans les maladies à *Colletotrichum*, l'agent pathogène peut évoluer de deux principales manières en fonction des caractéristiques physiologiques des organes infectés (Waller, 1992) :

- il peut occasionner des symptômes visibles sur les organes de l'hôte après une période d'incubation relativement courte. C'est le cas par exemple de *Colletotrichum kahawae* sur des baies vertes du caféier arabica ou de *C. lindemuthianum* sur les gousses vertes de haricot. Selon Waller, il s'agit là d'un **cycle épidémiologique court** où l'évolution du parasite est en phase avec la réceptivité des tissus infectés.

- si les tissus de l'hôte ne sont pas réceptifs, le pathogène reste quiescent pendant une période dont la durée dépend de la physiologie de l'organe infecté. Coates *et al.* (1993) ont démontré que *Colletotrichum gloeosporioides* pouvait demeurer à l'état quiescent sur les avocats pendant plus de six mois. Les symptômes de la maladie ne sont perceptibles qu'après la quiescence. Ce développement du pathogène est caractéristique des **cycles épidémiologiques longs** fréquemment rencontrés dans les antracnoses des fruits climactériques. C'est le cas de *Colletotrichum musae* sur les bananes et de *C. gloeosporioides* sur les mangues, les papayes, les avocats, etc...



Figure 1. Cycle infectieux de l'antracnose du bananier. L. de Lapeyre (1999)



L'aptitude de *C. musae* à infecter les feuilles (Meredith, 1962 ; Postmaster *et al.*, 1997) et les fruits après une longue période de quiescence et sa capacité à vivre en saprophyte sur les organes en décomposition du bananier permet une juxtaposition des deux cycles de la maladie sur cette plante (Fig 1). Pour le cycle court, le parasite rentre en contact avec les bractées, les pièces florales et les feuilles en décomposition. Après la pollution et une courte période de latence, un nouvel inoculum est formé. De nouvelles conidies polluent alors d'autres organes en décomposition et le cycle recommence. En ce qui concerne le cycle long, le pathogène contamine les fruits immatures et les feuilles vertes. Il y forme des appressoria et demeure quiescent jusqu'au début de la maturation des fruits ou de la sénescence des feuilles. Il développe ensuite des acervules à partir desquels les conidies seront transportées pour contaminer de nouveaux organes. Il est à noter que les fruits n'ont qu'un rôle très passif dans le cycle long de l'anthracnose car étant récoltés verts, ils contribuent à l'exportation d'une partie de l'inoculum du champ.

## 1- Sources d'inoculum

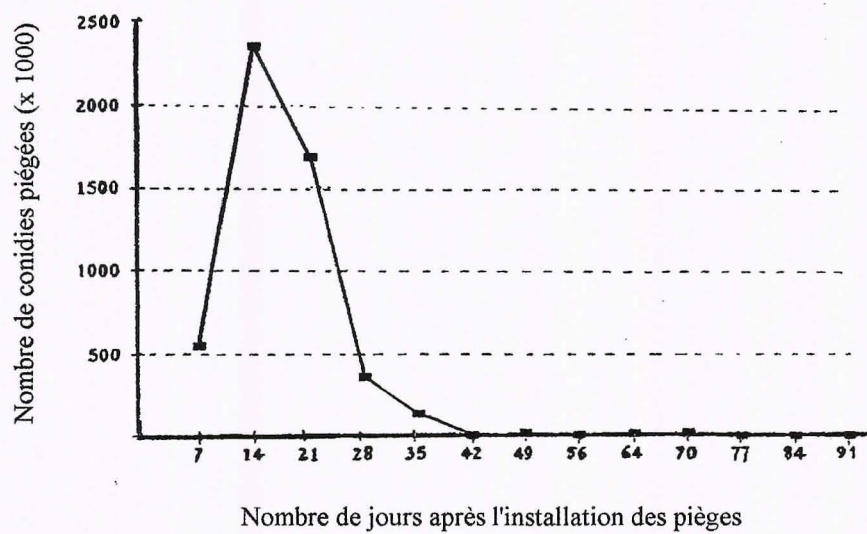
Dans la littérature, il y a une convergence de points de vue sur le fait que l'inoculum provient des tissus en décomposition présents dans la bananeraie. Les feuilles mortes pendant le long du pseudo-tronc ont été considérées comme la principale source d'inoculum par certains auteurs (Simmonds & Mitchell, 1940 ; Meredith, 1962). Une corrélation entre l'incidence de la maladie et le nombre de feuilles mortes avait en effet été mise en évidence par les travaux de Simmonds et Mitchell (1940). Meredith (1962) a montré que *C. musae* était un des colonisateurs primaires des trois ou quatre plus jeunes feuilles sénescentes rattachées au pseudo-tronc. Mais, plus récemment, les travaux de de Lapeyre et Mourichon (1997 et 1998) ont démontré que l'inoculum vient surtout des pièces florales et qu'il atteint un niveau maximum au cours d'une période critique de 7 à 35 jours après la floraison (fig 2). La quantité d'inoculum diminue ensuite considérablement jusqu'à la récolte. Les bractées inférieures sont une autre source d'inoculum.

## 2 - Dissémination

Le mucilage des acervules empêcherait la germination précoce des conidies et maintiendrait de ce fait, leur viabilité dans les conditions défavorables du milieu (Bailey *et al.*, 1992). La



**Figure 2 :** *Evolution de la quantité d'inoculum sur les régimes non gainés et non épistillés*  
(de Lapeyre and Mourichon, 1998)



libération des conidies est un préalable à la propagation de la maladie. Elle nécessite surtout de l'eau liquide (Shillingford, 1977) généralement pourvue par la pluie. La sévérité de la maladie diminue fortement en absence des pluies (de Lapeyre, 1999). La dissémination entomophile et anémophile des conidies n'est pas importante dans le cas de l'anthracnose de la banane.

### **3 - L'adhésion**

Les mécanismes d'adhésion des conidies de *C. musae* sont peu connus. Cependant, à la suite d'une expérience ayant prouvé l'aptitude des conidies de ce pathogène à adhérer sur les surfaces inertes, Sela-Buurlage *et al.* (1991) ont émis l'idée que la cuticule de l'hôte ne présente aucun récepteur spécifique permettant l'adhésion du champignon. Par son métabolisme, *C. musae* sécréterait des composés protéiques permettant son adhésion sur des surfaces hydrophobes. Par ailleurs, les propriétés physiques de la cuticule ont été mises en cause dans le processus d'adhésion.

### **4 - La germination**

En conditions naturelles, la germination des conidies est fortement dépendante des facteurs climatiques du milieu tels que la température et l'humidité relative. Expérimentalement, il a été démontré que cette germination est optimale à des humidités relatives proches de la saturation (Goos & Tschirsch, 1962) et à des températures comprises entre 29-32°C (de Lapeyre, 1999). D'autre part, le rôle des facteurs biotiques dans la germination des conidies a été mis en évidence par certains auteurs : Swinburne (1976) a démontré que l'acide anthracnilique, présent dans les exsudats des fruits, peut stimuler la germination des conidies. Flaishman et Kolattukudy (1994), ont montré que de faibles quantités d'éthylène pouvaient stimuler la germination des conidies sur les fruits climactériques. Une substance riche en fer produite par la flore bactérienne présente à la surface des fruits verts pourrait aussi diminuer la germination des conidies (MacCracken & Swinburne, 1980 ; Brown & Swinburne, 1981).



## 5 - La formation d'appressoria

Après la germination, les extrémités des filaments mycéliens du parasite gonflent et se différencient en structures infectieuses ou *appressoria*. Ces structures ont un rôle essentiel dans la suite du processus infectieux. Goos et Tschirsch (1962) avaient pensé qu'elles permettaient au champignon de résister aux mauvaises conditions du milieu. Muirhead et Deverall (1981) ont confirmé le rôle des appressoria dans la survie du pathogène. Pourtant, Bailey *et al.* (1992) ont plutôt émis l'idée que ces structures permettaient au *Colletotrichum spp* d'adhérer à la surface de leurs hôtes et de placer leurs hyphes infectieux sur leur site de pénétration. La formation des appressoria serait stimulée par les surfaces rigides comme le péricarpe des fruits immatures (Prusky & Plumbey, 1992). Elle pourrait aussi être induite par les facteurs biotiques qui stimulent la germination des conidies (acide anthracnilique, éthylène, etc...) (Flaishman & Kolattukudy, 1994 ; Muirhead & Deverall, 1981). Il existe deux types d'appressoria : les appressoria hyalins présents dans la partie subcuticulaire de l'épiderme et les appressoria mélanisés qui restent inactifs jusqu'au début de la maturation des fruits.

## 6 - La quiescence

Ce phénomène débute avec l'arrêt provisoire du processus infectieux. Plusieurs hypothèses ont été émises pour tenter d'expliquer le mécanisme de quiescence :

- a) - il existerait peu d'éléments nutritifs utilisables par le pathogène pour assurer sa croissance dans les fruits verts (Simmonds, 1963). Cependant, cette hypothèse a été remise en question par les infections artificielles réussies sur des fruits verts blessés.
- b) - les enzymes produites par *C. musae* seraient incapables de dégrader les tissus des fruits verts (Simmonds, 1963). Cette hypothèse n'a quasiment pas encore été vérifiée dans le cas de la banane.
- c) - les composés fongitoxiques préformés dans les fruits verts inhiberaient la croissance du pathogène (Simmonds, 1963 ; Prusky & Plumbey, 1992 ; Mulvena, *et al*, 1969 ; Chakravarty, 1957). A l'issue d'une expérience, Chakravarty (1957) avait déjà démontré que l'extrait de la

peau des bananes vertes avait un effet inhibiteur sur la germination des conidies. Il en avait déduit que cela était le fait des tanins présents dans la peau de ces fruits.

d) – Swinburne et Brown (1983) ont suggéré que cette inhibition était due à une élévation des phytoalexines dans la plante induite par *C. musae* et que le pathogène entrait en dormance pour éviter l'action de ces composés qui disparaissent au moment de la maturation. Les phytoalexines peuvent inhiber la croissance des appressoria hyalins qui pénètrent dans l'hôte après leur formation. Mais il n'en est pas de même des appressoria mélanisés qui ne peuvent pas induire cette élévation puisqu'ils ne pénètrent dans les fruits qu'au moment de leur maturation.

e) - l'interruption de la quiescence survient lors de la crise climactérique des fruits correspondant à une synthèse endogène d'éthylène intense. Le dégagement de cette molécule par les fruits constituerait le signal à partir duquel, la germination de ses structures infectieuses est initiée (Flaishman & Kolattukudy, 1994). Il marque aussi le début d'un changement de la physiologie des fruits. Muirhead et Deverall (1981) ont démontré que les hyphes subcuticulaires demeurent inactifs pendant le mûrissage des fruits et que les appressoria dormants mélanisés des cuticules constituent les seules structures participant dans le développement de l'anthracnose des infections quiescentes.

## **7 - La pénétration**

La pénétration du pathogène dans les fruits verts se fait de façon mécanique (Chakravarty, 1957). L'épaisseur et la mélanisation des parois cellulaires des appressoria leur confèrent une rigidité suffisante pour traverser les barrières cuticulaires du péricarpe par pression hydrostatique. Le parasite pourrait aussi pénétrer les tissus de l'hôte par la mise en jeu de mécanismes biochimiques complexes permettant de dissoudre ou d'assouplir la cuticule de celui-ci (Bailey *et al.*, 1992). Flaishman et Kolattukudy (1994) pensent que le champignon reconnaît au préalable des signaux physiques spécifiques à l'hôte avant de pénétrer dans ses tissus.



## **2.4 – LES METHODES DE LUTTE CONTRE L'ANTHRACNOSE**

Dans un premier temps, les mesures de protection des bananes contre l'anthracnose ont surtout concerné les aspects post-récolte.

### **1 - La méthode de lutte chimique**

Elle est réalisée par l'application des fongicides de la famille des benzimidazoles comme le thiabendazole et le benomyl après la découpe des fruits en bouquets. Cette méthode de lutte s'est révélée efficace contre cette maladie pendant plusieurs années (Frossard, 1969). L'utilisation régulière du benomyl en pulvérisation aérienne pour lutter contre la cercosporiose dans les zones de production de la banane a suscité la mise en garde de Griffée (1973) sur une éventuelle résistance du pathogène à ce fongicide. Cette résistance de *Colletotrichum musae* aux benzimidazoles a été confirmée plus tard par de nombreux auteurs (Johanson & Blasquez, 1992 ; Hostachy *et al.*, 1990 ; de Lapeyre & Dubois, 1997). L'usage des inhibiteurs de biosynthèse de stérol à l'instar du bitertanol a récemment été préconisé pour contourner le problème de résistance du pathogène (de Lapeyre & Nolin, 1994).

La désinfection de l'eau de lavage des fruits par de l'eau oxygénée à 10% et des solutions d'acides citrique ou propionique à 1% peuvent aussi assurer une bonne protection des fruits contre l'anthracnose de blessures (Michail *et al.*, 1988 ; Al Zaemey *et al.*, 1993).

### **2 - La méthode de lutte physique**

Le trempage des fruits pendant deux minutes dans de l'eau chaude à 55°C a été préconisé par Burden (1968). Mais cette méthode de lutte n'est pratiquement pas utilisée aujourd'hui sur la banane. Elle est plutôt mise en œuvre pour le contrôle de l'anthracnose sur les mangues. Elle présente toutefois, deux inconvénients majeurs : d'une part, elle nécessite des temps de travaux importants et d'autre part, elle peut provoquer des blessures sur la peau des fruits.

Pour éliminer le pathogène et d'autres microorganismes à la surface des fruits, Kanapathipillai *et al.* (1987) ont suggéré leur irradiation pendant 38 minutes avec 4 KGy de rayons Gamma . Ces auteurs ont montré qu'une telle exposition de *C .musae* à ce

rayonnement entraînait la coagulation de son cytoplasme et la destruction de ses parois cellulaires. Mais ces rayons provoquent des brûlures sur la peau des bananes (Wills *et al.*, 1998).

### 3 - La lutte biologique

Sur les bananes, il existe une mycoflore non pathogène dont quelques espèces auraient une action antagoniste sur le parasite. C'est le cas de *Acremonium strictum* et *Alternaria tenuissima* dont l'important effet inhibiteur sur *C. musae* (Ragazzi & Turco, 1997) permettrait d'envisager leur utilisation pour le bio-contrôle de l'antracnose. De même, certaines espèces appartenant aux genres *Trichoderma*, *Gliocladium* et *Penicillium* produiraient des métabolites susceptibles d'inhiber le développement du pathogène (Kanapathipillai *et al.*, 1988). Par ailleurs, l'inhibition du parasite par des levures étrangères aux bananes telles que *Rodototrula glutinis*, *Cryptococcus albidus* et *Cryptococcus laurentii* a expérimentalement été mise en évidence sur des disques de feuilles (Postmaster *et al.*, 1997). Mais, cet effet inhibiteur n'est possible que si l'application de ces levures précède la formation des appressoria.

### 4 - La lutte génétique

Actuellement, les plantations industrielles de bananes sont réalisées avec les clones des variétés du sous-groupe Cavendish. Sélectionnées au départ, pour leur résistance à *Fusarium oxysporum* Schl. fsp. cubense, agent de la maladie de Panama, ces variétés sont par ailleurs très sensibles à l'antracnose des fruits. La lutte génétique est très difficile à cause de la faible diversité génétique des bananiers. De plus, la stérilité de nombreux génotypes et les problèmes de compatibilité chromosomiques compliquent les travaux de sélection variétale. D'autre part, les objectifs d'amélioration variétale ont surtout consisté en la lutte contre les cercosporioses jaune et noire. La prise en compte des problèmes de qualité est très récente et reste tributaire de la très faible connaissance du germplasm vis-à-vis de *C. musae*. Toutefois, les collections variétales mises en place dans les structures de recherche de quelques pays producteurs (Australie, Guadeloupe, Cameroun, etc...) pourraient aider à repérer des critères génétiques susceptibles d'améliorer la qualité des fruits tels que la durée de vie verte, la résistance au dégrain, l'homogénéité du mûrissage, etc... Il a déjà été démontré que les bananes sucrées de la variété Lacatan étaient très sensibles à l'antracnose (Meredith, 1960) ;



ce qui confirme que la recherche des variétés tolérantes à l'antracnose est envisageable avec le germplasm existant.

## 5 - La prophylaxie et les techniques culturales

Cette méthode de lutte repose sur deux principes : il s'agit d'une part, d'éviter autant que possible de créer des situations favorables à l'installation de *C. musae* et d'autre part, de limiter les contacts entre ce parasite et les bananes. Elle peut être mise en œuvre en champ ou directement après la récolte des fruits.

a) TECHNIQUES CULTURALES : il peut s'agir d'opérations agricoles qui contribuent à la diminution de la quantité d'inoculum au champ comme l'enlèvement des feuilles mortes du pseudo-tronc, l'ablation de la bractée inférieure du régime ou l'épistillage. Cette dernière technique généralement réalisée au stade "Doigts Horizontaux" est encore récente en Guadeloupe. Elle permet pourtant de réduire le niveau de contamination des fruits (de Lapeyre, 1999) mais, sa mise en œuvre nécessite beaucoup de main-d'œuvre. Elle demeure donc relativement coûteuse. D'autres techniques culturales permettent de réduire les blessures ou affectent la pollution des fruits par *C. musae*. C'est le cas de l'effeuillage dont le but est d'aérer la plantation mais aussi de supprimer toutes les feuilles pouvant blesser les fruits sous l'action des frottements. C'est également le cas du gainage préconisé au départ pour améliorer la croissance des fruits (Berril, 1956) et pour les protéger contre les piqûres des thrips (Lachenaud, 1972). Par la suite, il a été démontré que cette pratique pouvait constituer un moyen de lutte efficace contre l'antracnose des bananes car elle permettait de réduire les niveaux de contamination de plus de 80% (de Lapeyre, 1999). Un important effet dépressif du gainage sur l'antracnose a aussi été observé par Hofman *et al.* (1997) sur les mangues. Ces auteurs signalent en outre qu'une meilleure protection des fruits peut être obtenue avec la réalisation précoce de cette opération. Celle-ci n'aurait néanmoins aucun effet sur la sévérité de la maladie lorsqu'elle est effectuée au-delà de 56 jours après la floraison. Le gainage des régimes est une pratique qui est très généralisée aux Antilles françaises.

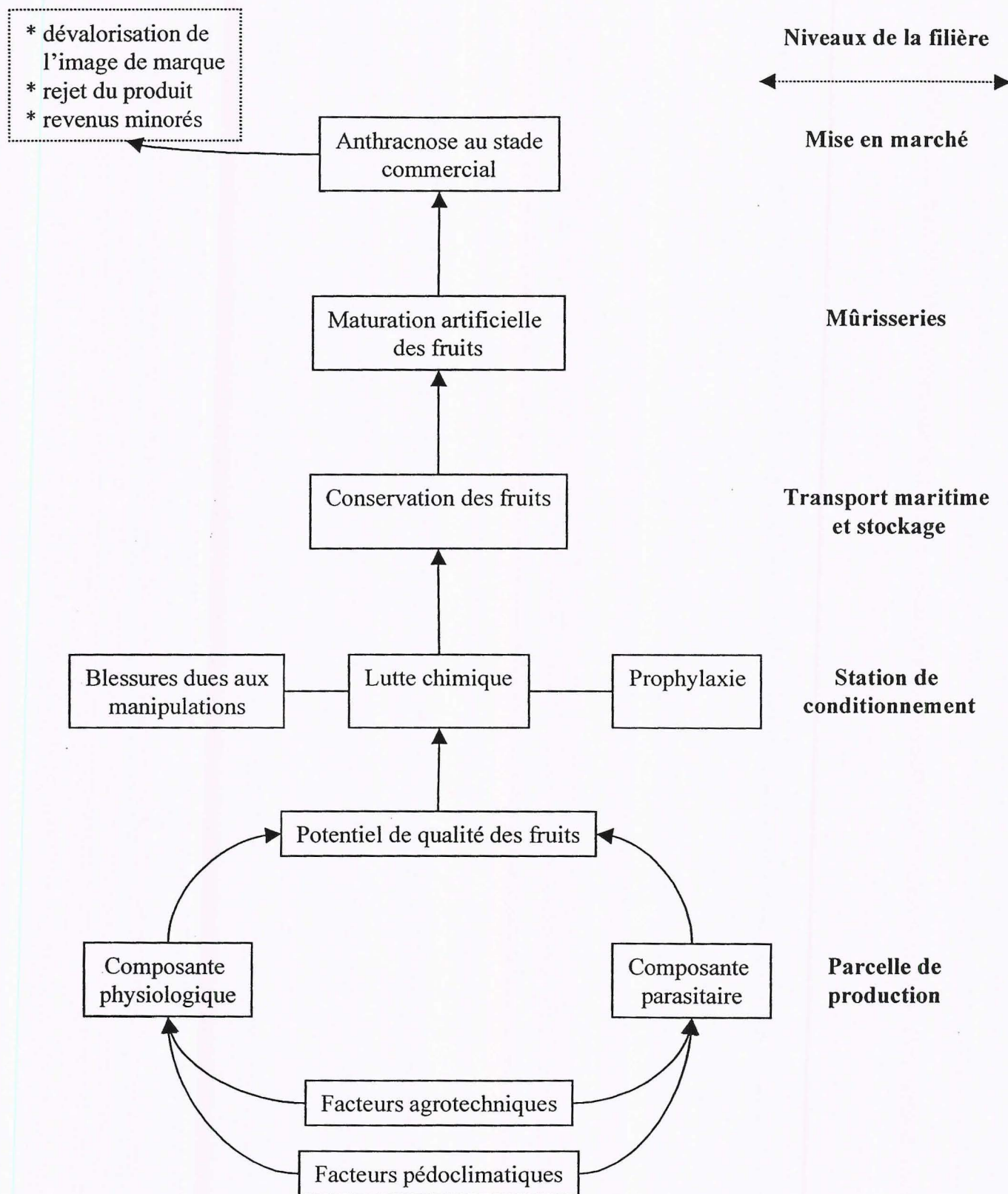
b) OPÉRATIONS SANITAIRES POST-RÉCOLTE : des mesures de protection des fruits contre les chocs pendant leur transport et lors des manipulations diverses permettent de

réduire les blessures du péricarpe et les meurtrissures des tissus (cf. : 1.2.3). En outre, les pièces florales étant la principale source d'inoculum, il est conseillé de les éliminer avant le lavage des bananes car elles contaminent l'eau utilisée à cet effet (Arneson, 1960 ; Shillingford, 1977). De plus, la station de conditionnement doit régulièrement être nettoyée et les tissus sénescents des bananiers qui s'y trouvent doivent être éliminés.



## **PROBLEMATIQUE ET OBJECTIF DU TRAVAIL**

Figure . Différentes étapes de l'élaboration de la qualité des fruits





### 3 - PROBLEMATIQUE

En plus de leurs coûts de production élevés et de la concurrence à laquelle elles sont confrontées, la qualité des bananes en provenance des Antilles françaises est altérée par le développement des maladies de conservation et par des problèmes de "*mûrs d'arrivage*". En effet, du fait de leur métabolisme très actif, les bananes disposent d'un faible potentiel de conservation qui se traduit parfois par leur mûrissage pendant leur transport vers l'Europe. De telles bananes subissent alors une décote lors de leur commercialisation. Si ces problèmes de "*mûrs d'arrivage*" sont globalement maîtrisés par une date de coupe optimale et par la réfrigération des fruits à 13°C pendant leur transport, il en va autrement pour les maladies de conservation qui nécessitent une stratégie de lutte plus complexe. C'est le cas de l'antracnose qui est de loin le facteur le plus pénalisant de la qualité des bananes d'exportation antillaises. Il s'agit en effet d'une maladie insidieuse dont les producteurs ne peuvent en aucune manière, évaluer l'ampleur des dégâts dans les plantations puisqu'ils n'en voient aucune manifestation. Bien que les fruits soient contaminés au champ, les premiers symptômes de la maladie n'apparaissent que très longtemps après la récolte, lorsque les bananes ne sont plus au niveau des producteurs. Cette particularité de l'antracnose des bananes ne facilite pas une prise de conscience rapide du problème par les exploitants.

Pendant de longues années, les méthodes de contrôle ont surtout concerné les opérations post-récolte. Elles ont tout d'abord consisté en l'application de fongicides antimétopiques de la famille des benzimidazoles tels que le benomyl ou le thiabendazole. Mais depuis 1972, le benomyl a régulièrement été utilisé pour des traitements aériens contre la cercosporiose jaune des bananiers et il en est résulté une pression ayant pour corollaire, l'apparition de souches de *C. musae* résistantes aux benzimidazoles (de Lapeyre & Dubois, 1997). Ces molécules ont donc été remplacées par des fongicides inhibiteurs de la biosynthèse des stérols (IBS), en particulier ceux du groupe I (Inhibiteurs de la déméthylation en C-14), comme l'imazalil et plus récemment, le bitertanol. Toutefois, le propiconazole, un autre IBS du groupe I, est utilisé contre la cercosporiose depuis 1984 ; ce qui accentue également un risque potentiel d'apparition de souches résistantes à ce type de fongicides.

Une autre méthode de lutte post-récolte contre l'antracnose consiste en l'application d'un ensemble de mesures prophylactiques, de la coupe des régimes jusqu'à l'embarquement des

bananes dans les bateaux. Ces mesures sont généralement combinées à une lutte chimique qui demeure très suspectée par les consommateurs pour ses éventuels effets néfastes sur la santé humaine. D'autre part, la culture industrielle de la banane aux Antilles est fortement mise en cause dans les problèmes de dégradation de l'environnement. Elle implique l'usage de nombreux pesticides dont certains, très toxiques comme les nématicides, sont responsables de la pollution des cours d'eau (Dorel *et al.*, 1996). La pression de l'opinion publique vis-à-vis de la pollution de l'environnement contribue à ternir davantage l'image de cette banane qui est déjà fortement dévalorisée par l'anthracnose.

Pour limiter la pollution et dissiper les craintes des consommateurs, de nouvelles techniques de lutte doivent donc être envisagées comme une alternative à la lutte chimique. De telles méthodes de lutte pourraient d'ailleurs être valorisées par une labellisation des bananes antillaises.

En Guadeloupe, la qualité des fruits varie fortement au cours de l'année en fonction des saisons et de la localisation géographique des plantations. Cette variation de la qualité des fruits se traduit par l'apparition de l'anthracnose qui est très importante au cours du dernier semestre dans les Antilles françaises, préférentiellement dans les zones de basse altitude (Chillet & de Lapeyre, 1996). Elle est le fait de variations du "potentiel de qualité" des fruits qui est constitué d'une composante physiologique (sensibilité des bananes à l'anthracnose) et d'une composante parasitaire (niveau de contamination des fruits) (de Lapeyre, 1999). Ce potentiel de qualité dépend lui-même des facteurs agro-techniques et pédo-climatiques (figure 3). Par exemple, les niveaux de contamination des fruits sont très élevés dans les parcelles mal entretenues et exposées à de fortes pluviométries (de Lapeyre, 1999), et certaines pratiques culturales comme l'épistillage et le gainage peuvent les influencer. Le travail que nous avons effectué se situe au niveau de la composante parasitaire du potentiel de qualité des fruits. Il s'inspire fortement des travaux ayant conduit à sa caractérisation pour proposer un moyen de lutte novateur permettant la prise en compte des aspects de la production en aval de la récolte.



#### 4 - OBJECTIFS DU TRAVAIL

Notre travail porte essentiellement sur l'effet des techniques culturales sur le développement de l'anthracnose. Il se propose d'évaluer les conséquences d'une réalisation précoce ou tardive du gainage sur le niveau de contamination des fruits et sur leur croissance. Comme alternative à la lutte chimique, il est actuellement recommandé d'effectuer le gainage au stade "Doigts Horizontaux", en combinaison avec l'épistillage au champ. L'objectif spécifique de ce stage est de vérifier si un gainage plus précoce permet d'améliorer l'efficacité de cette pratique pour réduire les niveaux de contamination. A l'aide de trois expérimentations, nous essayerons de fournir des arguments pratiques pour confirmer ou infirmer l'effet bénéfique du gainage précoce sur la qualité des fruits (état sanitaire et croissance) :

La première expérimentation portera sur l'**effet du stade de gainage sur le niveau de contamination des fruits**. Elle nous permettra de :

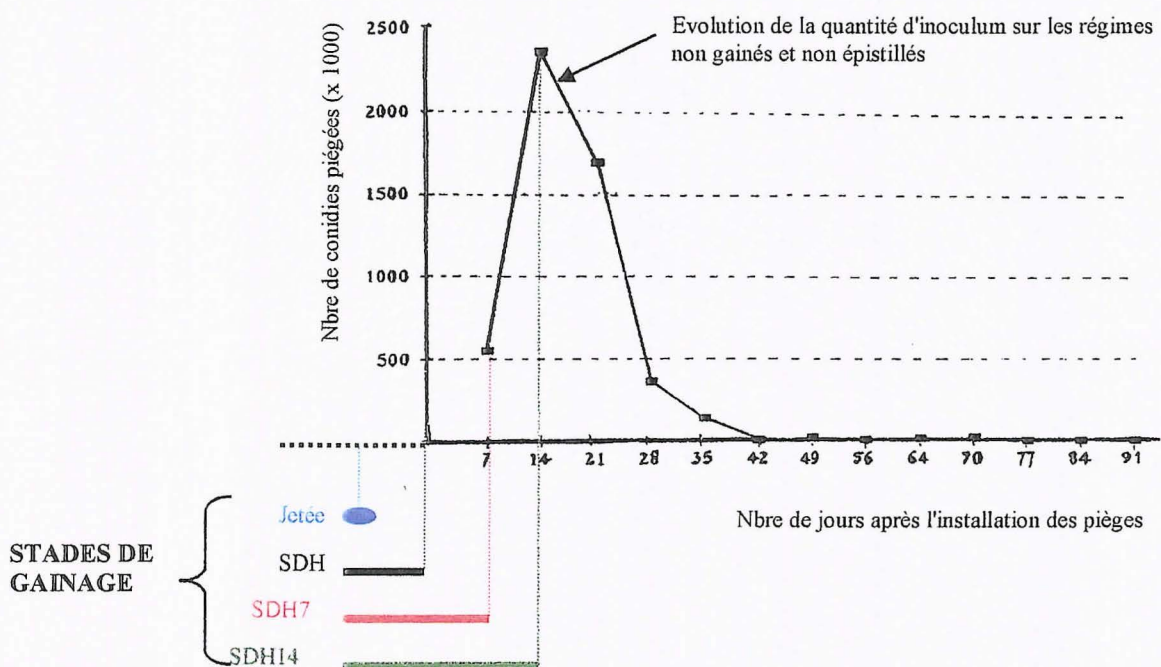
- a) vérifier l'efficacité du gainage précoce contre la maladie,.
- b) Préciser les recommandations faites aux producteurs en terme de stade de gainage,
- c) de définir le stade limite au-delà duquel le gainage ne serait plus d'un grand intérêt pour la lutte contre l'anthracnose

La seconde expérimentation consiste en une **comparaison entre le gainage précoce et la combinaison épistillage/gainage au stade SDH**. Elle a pour objectif d'évaluer la possibilité de remplacer l'épistillage qui est une opération efficace mais très contraignante et coûteuse en main d'œuvre par une technique moins lourde à mettre en œuvre.

Le gainage étant aussi bénéfique sur la croissance des fruits, nous avons réalisé une troisième expérimentation sur l'**effet des stades de gainage sur la croissance des fruits**. Cette expérimentation a pour but de déterminer si un gainage précoce permettait un meilleur remplissage des fruits comme le laisse entrevoir un modèle de remplissage des fruits élaboré récemment (Jullien, 2000). En effet, il a été montré que le remplissage des fruits dépend du nombre de cellules du fruit, or les divisions cellulaires sont importantes durant les premiers stades de croissance du fruit (350 degrés/jours) et suivent une loi d'action de la température.

Les différents stades de gainage peuvent être représentés suivant le schéma ci-après, en fonction de la courbe d'évolution du niveau de l'inoculum sur les régimes non épistillés et non gainés (de Lapeyre & Mourichon, 1998) :

**Figure 4 :** Niveau de l'inoculum aux différents stades de développement des régimes non gainés et non épistillés





## **MATERIELS ET METHODES**





Figure 5 : Carte de la Guadeloupe





**Photo 5 :** *un régime gainé*

## **5 - MATERIELS ET METHODES**

### **5.1 - Matériel végétal**

Les expérimentations sur les stades de gainage et sur la croissance des fruits ont été conduites dans une bananeraie privée de deuxième cycle située à 200 mètres d'altitude à Capesterre Belle Eau (figure 5), en raison de la forte pression infectieuse observée dans cette localité. Cette bananeraie est constituée de plants appartenant au cultivar "Grande naine". L'expérimentation sur l'effet du couple de traitements "gainage - epistillage" sur le niveau de contamination des fruits a quant à elle, été réalisée sur des bananiers du cultivar "Grande naine" de quatrième cycle. Ces bananiers ont été mis en place en juin 1998, dans une parcelle de 0,76 ha située à 250 mètres d'altitude, dans la Station du CIRAD-FLHOR à Neufchâteau.

Tous les plants de ces bananeraies n'ont pas été concernés par notre travail. Seuls ceux dont l'inflorescence était encore fermée au stade de la jetée lors des semaines de marquage ont été retenus. La vigueur des bananiers n'ayant aucune influence sur l'incidence ni sur la sévérité de la maladie (Meredith, 1960)

### **5.2 – La gaine**

La gaine utilisée est un sac en polyéthylène de couleur bleue, de 1m50 à 1m70 de longueur et de 0,5 mm d'épaisseur. Elle présente en outre plusieurs petites perforations qui assurent l'aération des fruits (photo 5) :

### **5.3 – Les stades de gainage**

Ils correspondent aux différents stades de développement auxquels les régimes ont été gainés. Nous avons retenu quatre stades de gainage en fonction de l'évolution du niveau d'inoculum sur les régimes non gainés et non épistillés :

#### **1 - GAINAGE A LA JETEE – Jetée -(photo 6a)**

C'est le gainage le plus précoce qui puisse être effectué sur un régime de bananes. Il est réalisé avant l'anthèse de la première main, précisément avant l'émergence des pièces florales



**Photo 6 : Les différents stades de gainage**



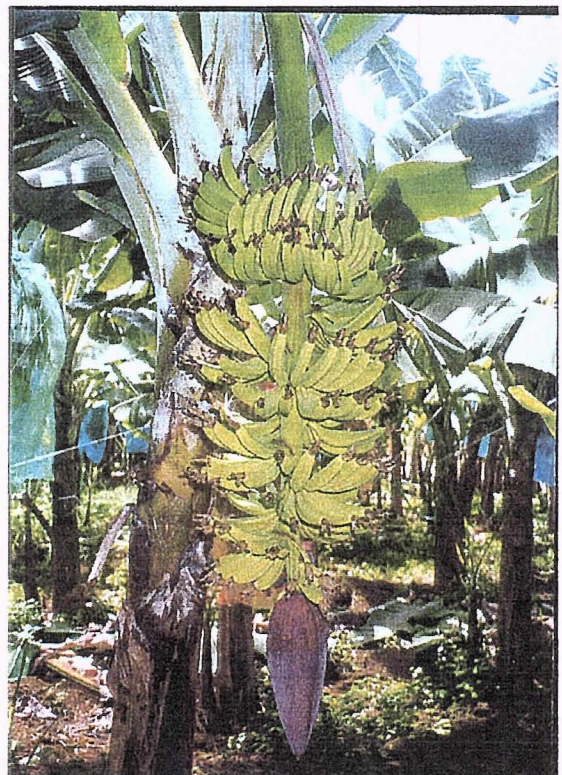
**a) jetée**



**b) Un ou deux jours avant le stade SDH**



**c) 7 jours après le stade SDH**



**d) 14 jours après le stade SDH**



qui sont la principale source d'inoculum. Cependant, l'inflorescence doit être suffisamment développée pour que la première bractée soit supprimée afin que la gaine soit posée « en cloche » au-dessus de la cicatrice qui en résulte. Le gainage à la jetée devrait pouvoir limiter la dissémination du pathogène par la circulation de l'eau des pluies sur les fruits.

## 2 - GAINAGE AU STADE "DOIGTS HORIZONTAUX" – **SDH** – (photo 6b)

C'est le stade de gainage actuellement recommandé. Il coïncide avec la période où les pièces florales sont encore fraîches, c'est-à-dire lorsqu'elles ne sont pas susceptibles d'être envahies par le pathogène.

## 3 - GAINAGE A 7 JOURS APRES LE "SDH" - **SDH7**- (photo 6c)

Ce stade d'évolution des fruits correspond au moment de la décomposition du pistil qui constitue de ce fait, un milieu très favorable au développement du pathogène. Il s'agit d'une période privilégiée de la croissance de *C. musae*, probablement à cause de l'abondance et de la qualité des éléments nutritifs dont il a besoin pour sa multiplication. Le gainage est parfois effectué à ce stade en raison de la grande charge de travail due à la multiplicité des opérations agricoles nécessaires pour la conduite d'une bananeraie.

## 4 - GAINAGE A 14 JOURS APRES LE "SDH" - **SDH14** – (photo 6d)

A ce stade, la sénescence des pièces florales est très avancée et les fruits sont potentiellement en contact avec le maximum de propagules du pathogène. Parfois, il arrive, toujours en raison des contraintes de calendrier de travaux, que les producteurs réalisent des gainages au-delà de 14 jours après le stade SDH.

Les deux derniers traitements nous permettront d'évaluer précisément les conséquences des gainages tardifs par rapport aux recommandations habituelles.

## 5.4 - Epistillage

Cette opération consiste à éliminer toutes les pièces florales des fruits car elles constituent un milieu très favorable au développement du parasite. Elle est réalisée au plus tôt, au stade "SDH" qui coïncide avec le début de l'abscission des pièces florales.



## **5.5 - Marquage des bananiers**

Il s'agit de sélectionner et d'identifier les bananiers expérimentaux à la jetée ou au stade "fleur pointante" en fonction du type d'expérimentation. Le marquage a été effectué de façon échelonnée à cause de l'hétérogénéité des dates de floraison des plants au sein d'une même parcelle. Cette hétérogénéité est due à la physiologie des bananiers qui est elle-même, fortement liée aux conditions climatiques du milieu (Ganry, 1978). Ainsi, les bananiers de même âge physiologique ont pu être identifiés par des rubans de couleur spécifique attachés autour du pseudo-tronc.

Par semaine de marquage, les plants repérés ont été répartis aléatoirement entre les différents traitements afin de minimiser les biais dus à une éventuelle hétérogénéité du sol et du microclimat à divers points de la parcelle d'essai. Chaque stade de gainage est caractérisé par une peinture de couleur spécifique sur le pseudo-tronc. Par ailleurs, tous les bananiers expérimentaux ont été identifiés par un numéro individuel inscrit sur une étiquette de même couleur que celle du pseudo-tronc. En prévision des chutes dues aux parasites (nématodes et charançons) et au vent, le nombre de bananiers marqués était toujours supérieur à l'effectif minimal observé par traitement pour chaque expérimentation.

Les marquages ont été réalisés à partir du mois de juin car le niveau de contamination des fruits est très élevé au cours du deuxième semestre de l'année (de Lapeyre, 1999).

## **5.6 - Expérimentations**

### **5.6.1 – expérimentation n°1 : effet du stade de gainage sur la contamination des fruits**

Cette expérimentation comporte cinq traitements dont quatre stades de gainage (cf: paragraphe 5.3) et un témoin non gainé et non épistillé. Ces traitements ont été comparés entre eux, à deux différents stades de maturité des fruits, en ce qui concerne leur incidence sur le développement de la maladie. La sélection des bananiers expérimentaux a été réalisée avant l'anthèse, à la jetée. Nous avons repéré et marqué les bananiers de même âge physiologique pendant six semaines, de la 22<sup>ème</sup> à la 27<sup>ème</sup> semaine de floraison. 200 bananiers ont été marqués par semaine, soit un total de 1200 bananiers pour l'ensemble de

l'expérimentation. Les plants repérés à chaque semaine de marquage sont repartis de façon aléatoire entre les cinq traitements. Par semaine, chaque stade de gainage était ainsi constitué d'un ensemble d'environ 40 bananiers complètement dispersés dans le champ d'essai; ce qui nous a permis d'obtenir un effectif final minimum de 25 bananiers par traitement (tableau n°2).

**Tableau 2 : Nombre de bananiers observés par stade de gainage et par date de floraison**  
(les chiffres en gras correspondent au nombre de bananiers observés à la 7<sup>ème</sup> après la jetée et ceux entre parenthèses aux bananiers observés au stade de maturité des fruits)

Semaines. de floraison	CODES DES TRAITEMENTS (Pseudo-troncs)					TOTAL
	JETEE	SDH	SDH+7	SDH+14	NON GAINÉ	
Sem22	<b>38</b> (39)	<b>38</b> (35)	<b>40</b> (39)	<b>40</b> (38)	<b>39</b> (39)	<b>195</b> (190)
Sem23	<b>37</b> (35)	<b>39</b> (38)	<b>38</b> (37)	<b>38</b> (38)	<b>38</b> (35)	<b>190</b> (183)
Sem24	<b>39</b> (37)	<b>37</b> (39)	<b>40</b> (39)	<b>39</b> (40)	<b>40</b> (39)	<b>195</b> (194)
Sem25	<b>39</b> (38)	<b>38</b> (33)	<b>37</b> (33)	<b>40</b> (37)	<b>39</b> (39)	<b>193</b> (180)
Sem26	<b>39</b> (37)	<b>39</b> (32)	<b>40</b> (32)	<b>40</b> (34)	<b>40</b> (36)	<b>198</b> (171)
Sem27	<b>37</b> (25)	<b>37</b> (32)	<b>38</b> (29)	<b>38</b> (29)	<b>35</b> (33)	<b>185</b> (148)
<b>TOTAL</b>	<b>229</b> (211)	<b>228</b> (209)	<b>233</b> (209)	<b>235</b> (216)	<b>231</b> (221)	<b>1156</b> (1066)

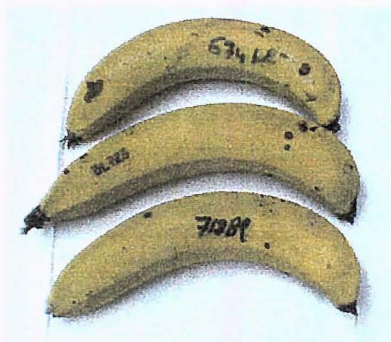
Nous avons considéré les semaines de marquage comme des blocs car les bananiers sélectionnés au cours d'une semaine se retrouvent dans des conditions climatiques identiques. De plus, cela nous permettra d'évaluer l'importance de la maladie en fonction des précipitations enregistrées à partir de chaque date de floraison.

#### 5.6.2 – expérimentation n°2 : comparaison entre le gainage précoce et la combinaison épistillage/gainage au stade SDH

Cette expérimentation a été conduite suivant le même mode opératoire que l'expérimentation n°1. Mais, elle comprend deux traitements : le gainage à la jetée et la combinaison épistillage/gainage au stade SDH. Cette dernière technique culturale a pour principe la destruction de la principale source d'inoculum et la réduction de la contamination des fruits par un inoculum d'origine externe au régime, disséminé par l'eau de pluie. Par ailleurs, la



**Photo 7 :** *type de nécroses observées par stade de gainage*



**a) jetée**



**b) stade SDH**



**c) Stade SDH+7**



**d) Stade SDH+14**



**e) Non gainé**

sélection des bananiers expérimentaux a été réalisée pendant trois semaines, de la 37<sup>ème</sup> à la 39<sup>ème</sup> semaine. 40 bananiers ont été sélectionnés par semaine dont 20 par traitement. Au total, 120 bananiers ont été marqués pour les trois semaines de floraison. Ainsi, la présente expérimentation a comporté deux traitements, trois blocs et deux dates d'observation.

### 5.6.3 – expérimentation n°3 : l'effet des stades de gainage sur la croissance des fruits

Cette expérimentation comporte cinq traitements : quatre stades de gainage et un témoin non traité et non épistillé. Les bananiers expérimentaux ont été sélectionnés au stade "fleur pointante" (photo 1) pour être en conformité avec le modèle de croissance des fruits élaboré par Jullien (2000). 60 bananiers ont été sélectionnés pendant les semaines 26 et 27 à raison de 30 bananiers par semaine, soit six par traitement pour chaque semaine de marquage. La parcelle expérimentale est représentée par un bananier et le nombre de répétitions correspond au nombre de bananiers observés par traitement.

## 5.7 - Observations

### EVALUATION DU NIVEAU D'INFESTATION

Le niveau d'infestation des fruits a été évalué sur trois doigts prélevés des premières, médianes et dernières mains de chaque régime. Deux prélèvements ont été réalisés : le premier à la septième semaine après la jetée et le second au stade de coupe, c'est-à-dire à la somme des températures de 900°C-jours environ après le stade SDH. A chaque prélèvement, les infections quiescentes des fruits ont été révélées suivant la méthode mise au point par de Lapeyre *et al.* (2000). Cette méthode consiste à exposer les fruits à une dose d'éthylène de 1200 ppm pendant six jours, dans une enceinte d'incubation de 32°C humidifiée à la saturation. Au terme de cette manipulation, nous avons comptabilisé le nombre de nécroses par fruit (photo 7). Nous avons observé **6666 (six mille six cent soixante six)** fruits dans l'expérimentation n°1 et **297 (deux cent quatre vingt dix sept)** dans l'expérimentation n°2. Les variables suivantes ont été calculées par traitement :



1 - le **pourcentage de fruits nécrosés (PFN)** par rapport à tous les fruits observés. Cette variable indique l'incidence de la maladie.

2 - la **moyenne des nécroses par fruit (MNEC)**. Cette moyenne tient compte du nombre de nécroses comptabilisées sur l'ensemble des fruits observés à un stade de gainage donné ; elle détermine la sévérité de la maladie.

## CROISSANCE DES FRUITS

Pour estimer la croissance des fruits en fonction de la date de gainage, nous avons effectué :

a) la mesure du grade et de la longueur du doigt médian externe de chaque main de tous les régimes, à la somme des températures de 350°C-jour à partir de la "fleur pointante". Cette période correspond à la fin du remplissage des fruits (Jullien, 2000). Ces mesures nous ont permis de faire une estimation du nombre de cellules par fruit suivant la formule de Chillet et Jullien ( en cours de publication).

$$NC = 4,16 \times 10^6 \times G \times L - 6,98 \times 10^7$$

NC = nombre de cellules

G = grade

L = longueur

b) le comptage du nombre de mains par régime et du nombre de doigts par main

c) la mesure du poids frais des régimes à 900°C-jour après le stade "fleur pointante".

Ces deux dernières notations nous ont permis de calculer le poids moyen d'un fruit pour chaque régime (**PmF**).

$$\text{PmF} = \text{Poids frais du régime} / \text{nbre total de doigts du régime}$$

A chaque semaine de marquage, nous avons observé cinq régimes par traitements, soit dix régimes par traitement pour les deux semaines.

## 5.8 - ANALYSES DES DONNEES

Pour les deux premières expérimentations, nous avons effectué les analyses de variances des pourcentages des fruits nécrosés (**PFN**) avec le logiciel STAT-ITCF après leur transformation en  $\text{Arcsin } x$ . Les mêmes analyses ont été effectuées pour les moyennes de nécroses par fruit (**MNEC**) après leur transformation en racine carrée de  $x$ . Pour ces variables, la comparaison des moyennes entre les traitements a été réalisée avec le test de Newman-Keuls au seuil de 5%

Pour l'expérimentation n°1, nous avons effectué une analyse de corrélations entre la sévérité de la maladie et la pluviométrie pendant les 35 premiers jours après la jetée.

En ce qui concerne l'expérimentation n°3, nous avons effectué des analyses de variances du poids moyen des fruits par régime (**PmF**) et nombre de cellules de chacune des six premières mains des régimes observés (**NC**). Ces deux variables n'ont subi aucune transformation avant leur analyse.



## **RESULTATS**



**Tableau 3a** *Analyse de variance de l'incidence et de la sévérité de l'anthraxe en fonction du stade de gainage à la 7<sup>ème</sup> semaine après la jetée*

Sources de variation	DDL	Incidence		Sévérité	
		Test F	Proba	Test F	Proba
Variation totale	29				
Stade de gainage	4	23,89	0,0000**	60,24	0,0000**
Semaine de floraison	5	19,88	0,0000**	2,32	0,0808
Variation résiduelle	20				
		E.T = 4,62 et C.V = 7,4%		E.T = 0,62 et C.V = 15,7%	

\*\* hautement significatif

**Tableau 3b** *Analyse de variance de l'incidence et de la sévérité de l'anthraxe en fonction du stade de gainage au stade récolte*

Sources de variation	DDL	Incidence		Sévérité	
		Test F	Proba	Test F	Proba
Variation totale	29				
Stade de gainage	4	9,68	0,0002**	58,53	0,0000**
Semaine de floraison	5	16,02	0,0000**	7,47	0,0005
Variation résiduelle	20				
		E.T = 5,05 et C.V = 7,2%		E.T = 0,62 et C.V = 14,3%	



## 6 - RESULTATS

### 6.1 - EFFET DU STADE DE GAINAGE SUR LA CONTAMINATION DES FRUITS

De manière générale, l'incidence de la maladie est élevée sur les bananes produites dans nos conditions expérimentales, alors que le niveau de contamination des fruits est assez faible. En moyenne, 81% des fruits malades ont été observés et environ 20 nécroses par fruit ont été comptabilisées dans l'ensemble de l'expérimentation. Mais, cette infestation diffère en fonction du stade de gainage. Même si l'incidence et la sévérité de la maladie sont plus importantes à la récolte qu'à 7 semaines après la floraison, les effets observés restent identiques quel que soit le stade d'observation.

**Tableau 3** : comparaison de moyennes des pourcentages des fruits infestés et du nombre de nécroses par fruits en fonction des stades de gainage et du niveau de maturité des fruits

Stades de gainage	Incidence (% bruts)		Sévérité (valeur brute)	
	7 <sup>ème</sup> semaine après la jetée	Stade récolte	7 <sup>ème</sup> semaine après la jetée	Stade récolte
Jetée	63,03 (a)	79,65 (a)	5,11 (a)	8,53 (a)
SDH	62,86 (a)	75,92 (a)	6,15 (ab)	8,28 (a)
SDH+7	76,68 (b)	84,85 (ab)	10,18 (b)	12,46 (a)
SDH+14	86,35 (c)	90,12 (bc)	21,72 (c)	22,94 (b)
Non gainé	91,63 (c)	95,78 (c)	48,58 (d)	55,95 (c)
Moyennes	<b>76,20</b>	<b>85,41</b>	<b>18,35</b>	<b>21,62</b>

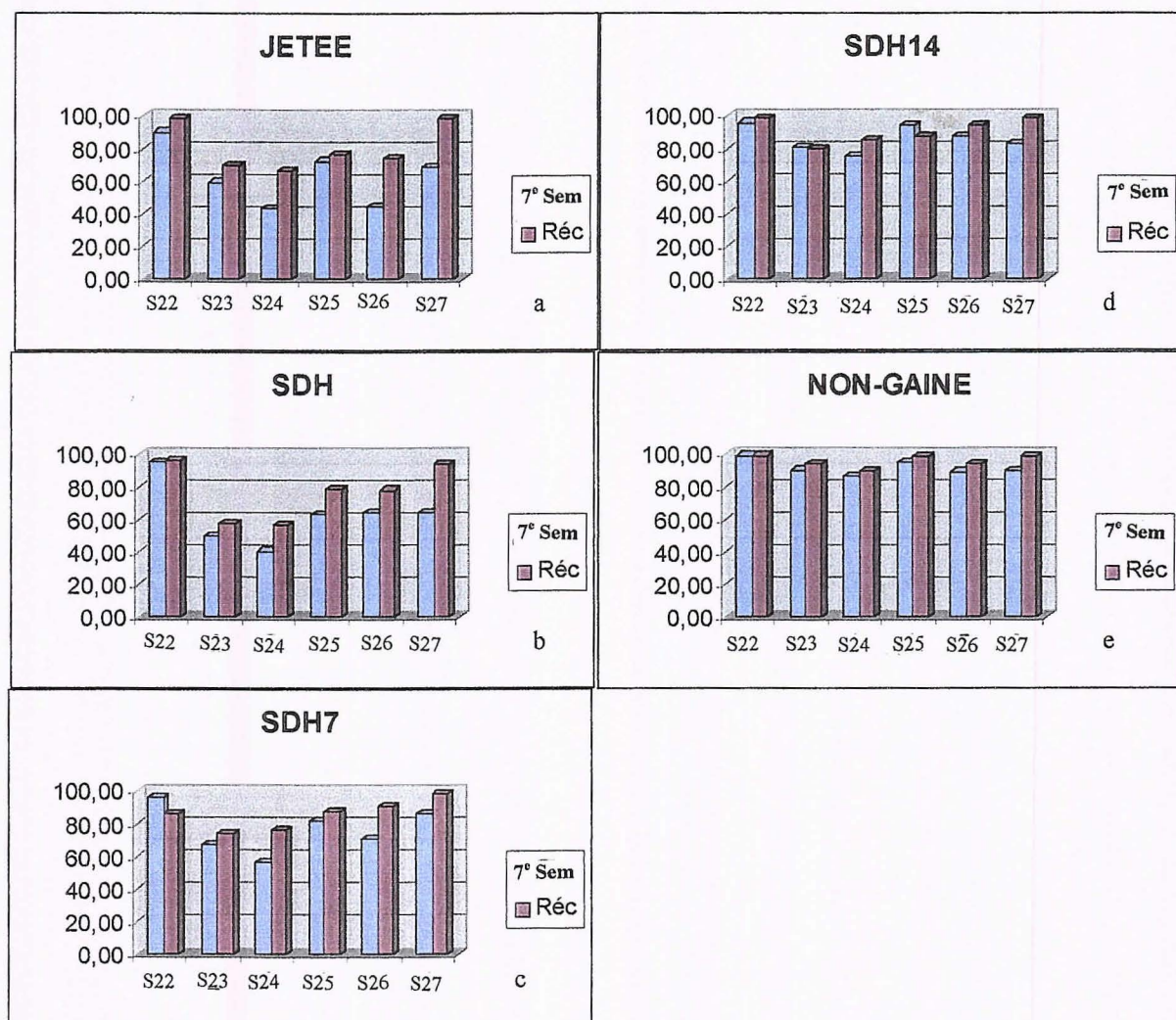
(...) groupes homogènes des moyennes

\* les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas différentes au seuil de probabilité de 5% d'après le test de Newman-Keuls

#### 6.1.1 - INCIDENCE DE LA MALADIE

L'incidence de la maladie est estimée à 86% sur les fruits matures. Elle est supérieure à celle observée sur les fruits âgés de sept semaines après la jetée qui est de 76%. Mais, elle varie d'une semaine de floraison à une autre pour ces deux stades de prélèvement. De plus, les

**Figure 6 :** Incidence de la maladie au stade récolte et à la 7<sup>ème</sup> semaine après la jetée, en fonction des semaines de floraison.





régimes issus des floraisons des semaines 23 et 24 comportent les plus faibles taux d'infection avec environ 40 à 60% de fruits malades comptabilisés pour un gainage effectué à la jetée ou au stade doigts horizontaux. Par contre, nous avons observé plus de 90% des fruits nécrosés sur les régimes issus des floraisons des semaines 22 et 27. Cette variation de l'incidence de la maladie est très importante sur les régimes gainés à la jetée ou au stade doigts horizontaux (fig. 6 a et b). Elle est légèrement perceptible pour un gainage réalisé à SDH+7 (fig. 6 c) et quasiment nulle pour les régimes non gainés ou gainés au stade SDH+14 (fig. 6 d et e).

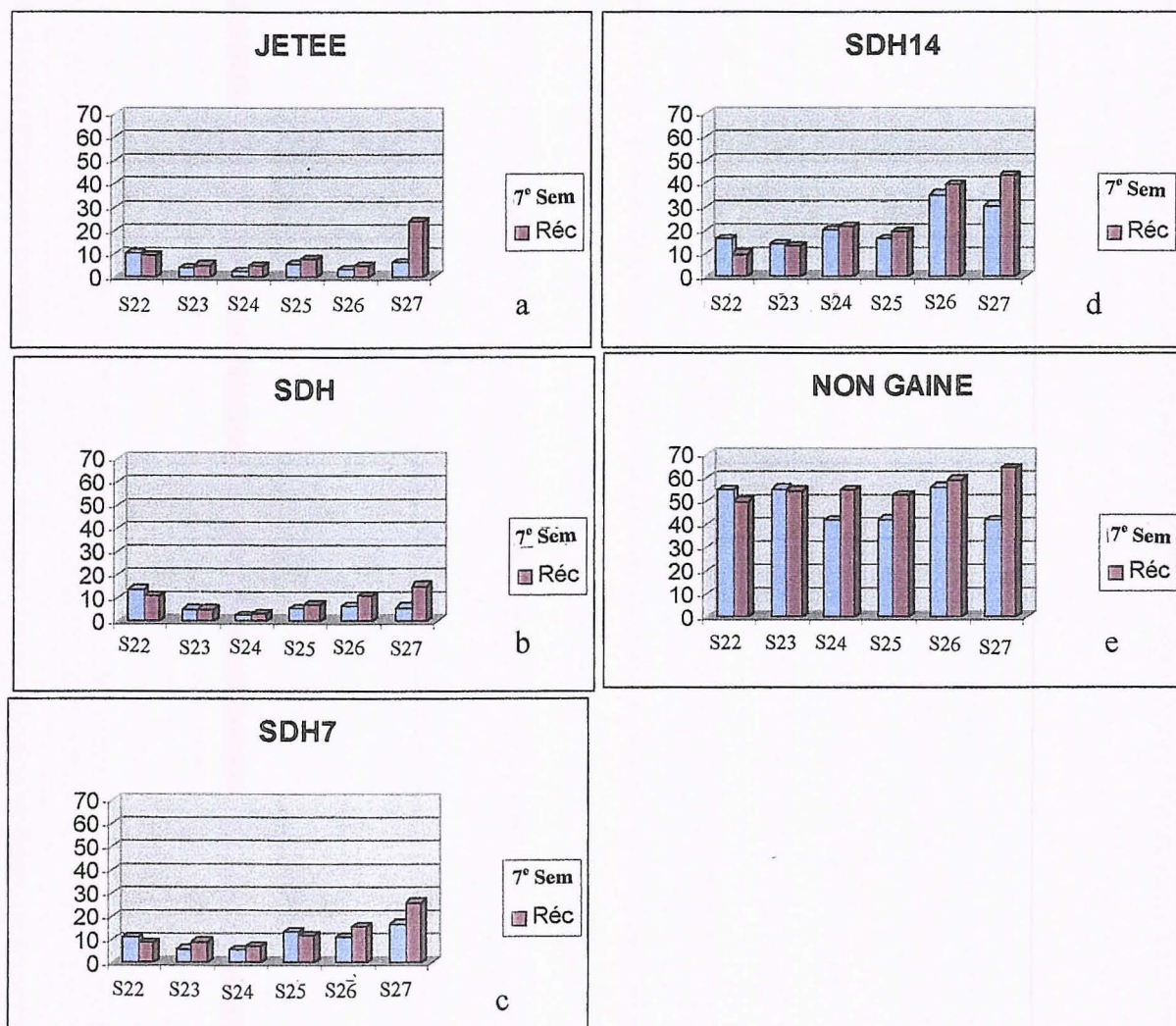
Les stades de gainage peuvent être classés en trois groupes homogènes très distincts (tableau 3) qui montrent que la proportion des fruits malades est d'autant plus importante, que le gainage est tardif. Cette classification nous indique aussi que l'incidence de la maladie sur des régimes gainés à la jetée n'est pas statistiquement différente de celle observée sur ceux gainés au stade "doigts horizontaux". Elle est maximale sur les régimes non gainés avec plus de 90% de bananes nécrosées quel que soit l'âge des fruits au moment de la révélation des infections quiescentes (fig. 6 e).

### **6.1. 2 - SEVERITE DE LA MALADIE**

Le nombre de lésions observées par fruit varie en fonction de la date de floraison des plants, du stade de développement des fruits au moment du gainage. Pour chacun de ces deux facteurs, la sévérité de la maladie varie très significativement au seuil de probabilité de 0,001. Statistiquement, le nombre de nécroses par fruit permet de classer les stades de gainage en trois groupes homogènes pour les fruits matures et en quatre groupes pour les fruits âgés de sept semaines (tableau 3). Les observations effectuées sur les fruits matures permettent de faire une discrimination plus nette entre les groupes que celles réalisées à la 7<sup>ème</sup> semaine après la floraison. Les trois premiers stades de gainage (jetée, SDH et SDH7) appartiennent au même groupe. Mais quel que soit le stade d'observation des fruits, les gainages à la jetée et au stade SDH qui présentent sensiblement les mêmes niveaux de contamination, se démarquent du gainage effectué au stade SDH7.

Les plus faibles niveaux de contamination ont été observés sur les fruits provenant des régimes gainés à la jetée et au stade SDH, avec moins de 10 nécroses par fruit. A partir du

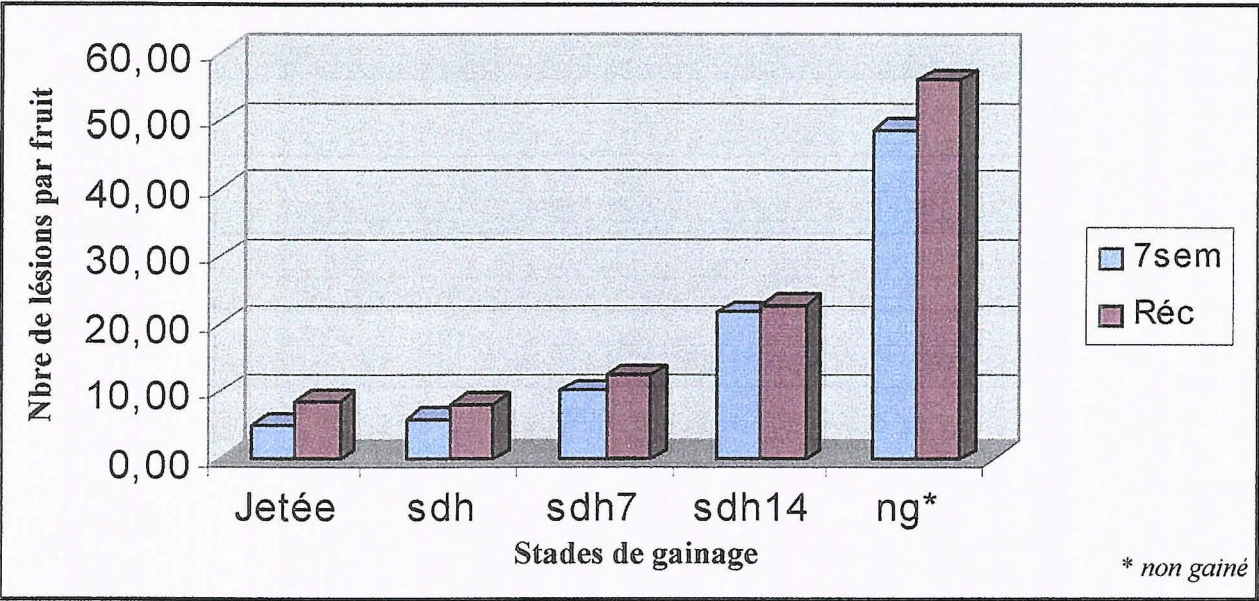
**Figure 8** : Sévérité de la maladie au stade récolte et à la 7<sup>ème</sup> semaine après la jetée, en fonction des semaines de floraison





stade SDH7, le nombre de nécroses par fruits croît progressivement et atteint le niveau maximum sur les bananes issues des régimes non gainés où 49 à 55 nécroses en moyenne ont été comptabilisées par fruit (fig. 7).

Figure 7 : variation de la sévérité de la maladie en fonction des stades de gainage



La sévérité de la maladie est légèrement plus élevée sur les fruits matures que sur ceux prélevés à la 7<sup>ème</sup> semaine après la jetée. Mais pour chacun de ces stades de maturité, le nombre de lésions par fruit augmente avec le délai de réalisation du gainage (figure 8).

Pour les régimes gainés à SDH, à SDH7 ou à SDH14, le niveau de contamination des fruits augmente progressivement de la 23<sup>ème</sup> à la 27<sup>ème</sup> semaine de marquage (fig. 8 b, c et d). Cette évolution du niveau de contamination est peu marquée en l'absence du gainage et assez disparate sur les fruits provenant des régimes gainés à la jetée. Mais, pour tous les stades de gainage, les niveaux de contamination les plus élevés ont été observés à la 27<sup>ème</sup> semaine de marquage sur les fruits matures ; ceux-ci étant parfois deux fois plus contaminés que les bananes immatures (fig. 8 a et b).

### 6.1.3 - INFLUENCE DES PLUIES SUR LA SEVERITE DE LA MALADIE

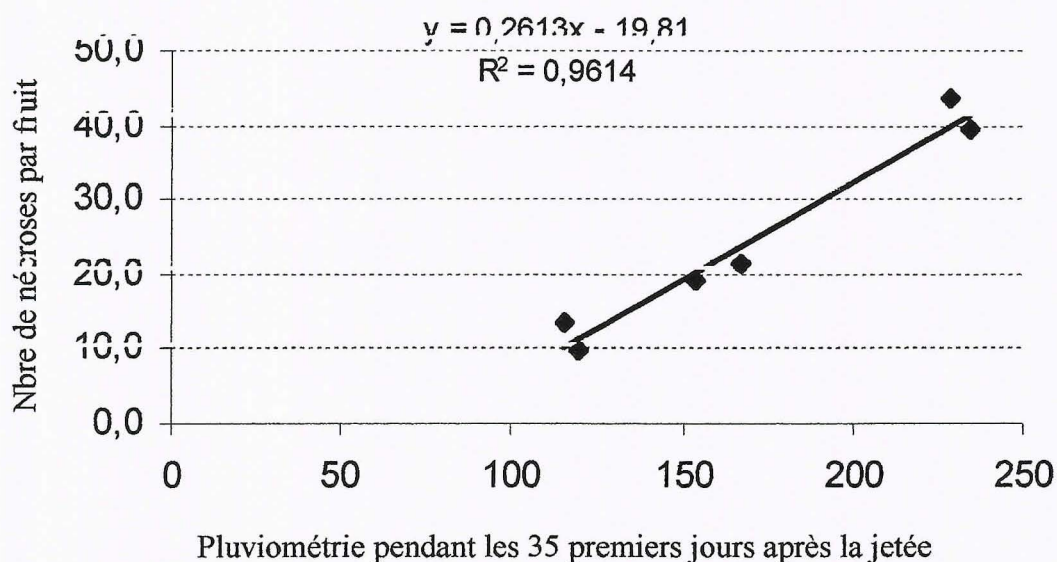
**Tableau 4 :** Relations entre le volume des précipitations et la sévérité de la maladie sur les fruits matures pendant les 35 premiers jours après la jetée

STADES DE GAINAGE	Coefficients de corrélation	Coefficients de régression	Test F	Proba (%)
Jetée	0,43	0,062	0,929	39,19 <sup>ns</sup>
SDH	0,57	0,050	1,955	23,41 <sup>ns</sup>
SDH7	0,78	0,107	6,409	6,45*
SDH14	0,98	0,262	99,488	0,12**
Non gainé	0,86	0,083	11,420	2,87**

\*\* hautement significatif ; \* significatif ; ns = non significatif

Les plus faibles coefficients de corrélation ont été obtenus avec les deux premiers stades de gainage (tableau 4). Ils nous indiquent que la pluviométrie enregistrée pendant les 35 premiers jours après la jetée n'a aucun effet sur la sévérité de la maladie, lorsque le gainage est réalisé précocement ou au stade SDH. Par contre avec les gainages tardifs (SDH7 et SDH14), il existe de fortes corrélations entre le niveau de contaminations et la pluviométrie au cours des 35 premiers jours après la jetée.

**Figure 9 :** Relation entre la sévérité et la pluviométrie pendant les 35 premiers jours après la jetée, sur les fruits matures gagnés au stade SDH14,





**Tableau 5 :** *Analyse de variance du pourcentage des fruits infestés et du nombre de nécroses par fruit en fonction des techniques culturales.*

Sources de variation	DDL	Incidence		Sévérité	
		Test F	Proba	Test F	Proba
Variation totale	5				
Techniques culturales	1	12.26	0,0713	22,81	0,0382*
Dates de floraison	2	80.11	0,0104*	6,15	0,1408
Variation résiduelle	2				
		E.T = 1,80 ; C.V = 4,4%		E.T = 0,39 ; C.V = 18,7%	

\* différences significatives

## 6.2 - EFFET COMPARE DU GAINAGE PRECOCE ET DE LA COMBINAISON EPISTILLAGE/GAINAGE SUR LE DEVELOPPEMENT DE L'ANTHRACNOSE

Le pourcentage de fruits malades n'est pas significativement différent entre les régimes gainés à la jetée et ceux épistillés et gainés au stade SDH. Il varie cependant d'une semaine de floraison à l'autre (tableau 5). Les différences décelées entre ces deux techniques culturales concernent plutôt la sévérité de la maladie. Ce dernier critère d'appréciation du développement de la maladie montre que la combinaison épistillage/gainage assure une meilleure protection des fruits contre la maladie qu'un simple gainage précoce (tableau 6).

**Tableau 6 :** Comparaison de moyennes des pourcentages des fruits infestés et du nombre de nécroses par fruits en fonction des techniques culturales à la 7<sup>ème</sup> semaine après la floraison.

Stades de gainage	Incidence		Sévérité	
	% de fruits malades	% transformé en arcsin√*	Nbre de lésions/fruit	Nbre transformé en √*
Gainage précoce	87,23	43,53	8,06	2,84 a
Epistillage+Gainage	54,90	38,39	1,74	1,32 b

(...) groupes homogènes des moyennes

\* les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas différentes au seuil de probabilité de 5% d'après le test de Newman-Keuls

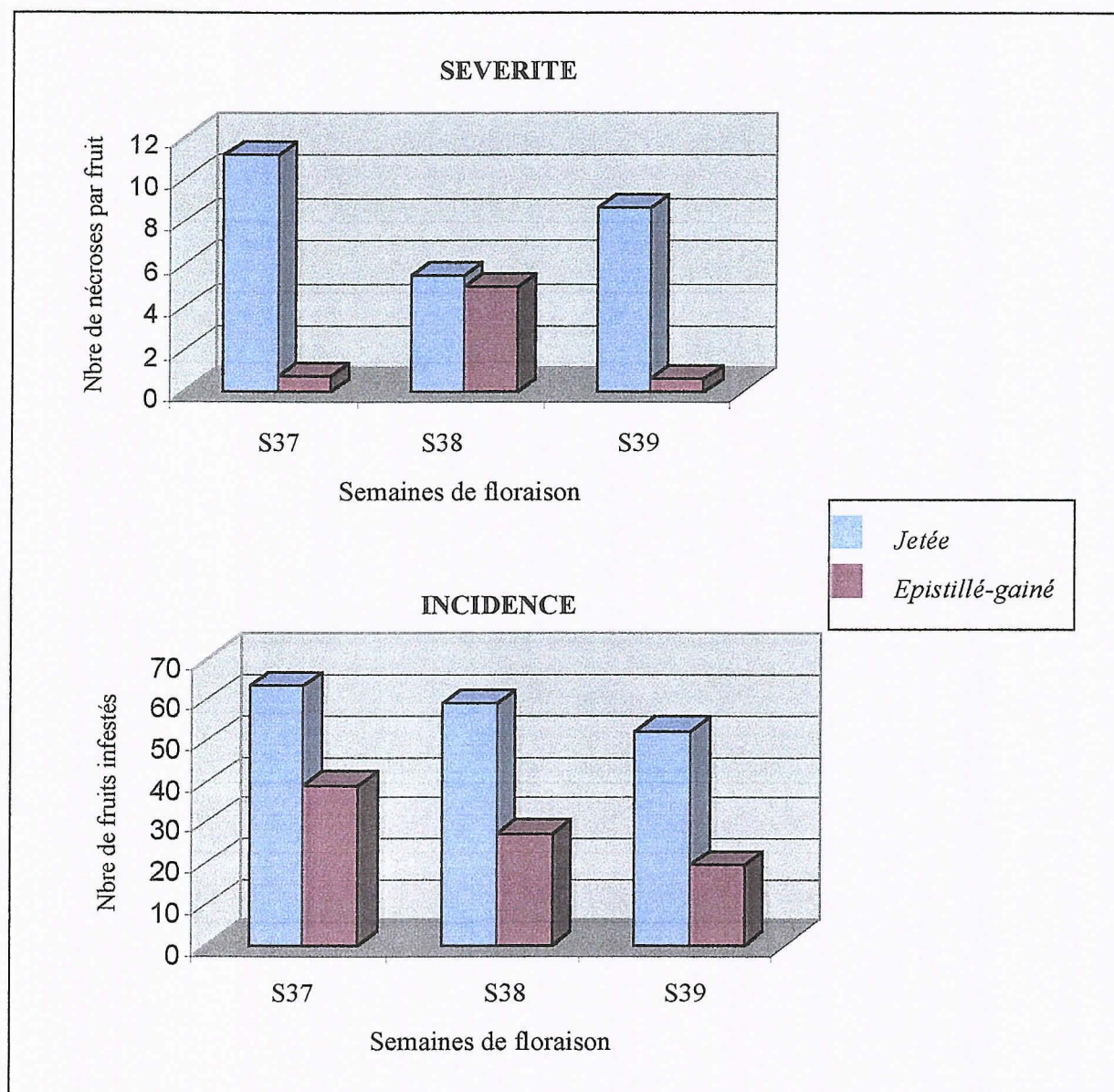
Les infections sont autant récurrentes avec le gainage précoce qu'avec une combinaison épistillage/gainage. Pour chacune des techniques culturales étudiées, le taux d'infection des fruits décroît de la 37<sup>ème</sup> à la 39<sup>ème</sup> semaine de floraison. Il diminue de 60% à 50% sur les régimes gainés précocement et de près de 40% à 20% environ sur les régimes "épistillés-gainés" au stade SDH (figure 10b).



**Tableau 8 : Analyse de la variance du nombre de cellules par fruit des six premières mains du régime en fonction du stade de gainage**

Sources de variation	DDL	Main1		Main2		Main3		Main4		Main5		Main6	
		Test	Prob	Test	Prob	Test	Prob	Test	Prob	Test	Prob	Test	Prob
Variation totale	38												
Semaine de floraison	1	0,09	0,768	0,05	0,815	0,80	0,382	0,20	0,659	0,07	0,790	0,05	0,813
Stades de gainage	4	3,91	0,011	2,14	0,100	4,95	0,003	5,52	0,002	2,50	0,063	4,32	0,007
Floraison x Stade de gainage	4	0,92	0,467	0,89	0,486	0,98	0,432	1,34	0,279	2,07	0,109	0,67	0,619
Variation résiduelle	29												
		E.T=1,4 ;		E.T = 1,69		E.T = 1,42		E.T = 1,23		E.T = 1,24		E.T = 1,12	
		C.V=16,8%		C.V = 17,6%		C.V = 15,1%		C.V = 14%		C.V =15,1%		C.V = 14,6%	

**Figure 10 :** *variation de la sévérité et l'incidence de la maladie suivant la date de floraison*



Les deux types de gainages étudiés ont permis d'obtenir de faibles niveaux d'infestation estimés à moins de 10 nécroses par fruit en moyenne. Mais, la sévérité de la maladie sur les régimes "épistillés-gainés" est en général inférieure à celle observée sur les régimes gainés à la jetée. Evaluée à une lésion par fruit en moyenne au cours des semaines des floraisons 37 et 39, elle est de huit à dix fois inférieure à celle obtenue avec un simple gainage précoce (figure 10a). A la 38<sup>ème</sup> semaine de floraison, les deux méthodes de gainage entraînent quasiment les mêmes niveaux de contamination des fruits.



## 6.3 - EFFET DU STADE DE GAINAGE SUR LA CROISSANCE DES FRUITS

### 6.3.1 - NOMBRE DE CELLULES PAR MAIN

Pour chaque traitement, le plus petit nombre de cellules par fruit a été observé à la dernière main étudiée (tableau 7).

**Tableau 7 :** Comparaison des moyennes du nombre de cellules par fruits ( $\times 10^7$ ) des six premières mains entre les différents traitements (les valeurs suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% d'après le test de Newman-keuls)

Stades de gainage	Main1	Main2 <sup>NS</sup>	Main3	Main4	Main5 <sup>NS</sup>	Main6
Jetée	9.21 a	10.02	10.13 ab	9.86 a	8.73	8.30 a
SDH	8.64 ab	10.15	10.56 a	8.95 ab	9.01	8.40 a
SDH7	9.20 a	10.36	9.88 ab	9.41 ab	8.40	7.94 a
SDH14	7.51 ab	9.19	8.63 bc	8.11 bc	7.76	7.04 ab
Non gainé	7.09 b	8.25	7.88 c	7.33 c	7.32	6.53 b

<sup>NS</sup> non significatif

Excepté les mains 2 et 5, l'analyse de variance du nombre de cellules par fruit des six premières mains étudiées indique qu'il existe des différences significatives entre les différents traitements (Tableau 8). Dans tous les cas, les régimes gainés présentent plus de cellules par fruit que ceux qui ne le sont pas. Un gainage tardif (SDH14) se traduit généralement par une réduction significative du nombre de cellules, tandis que peu de différences significatives existent entre les autres stades de gainage

### 6.3.2 - POIDS MOYEN DES FRUITS

**Tableau 9 :** *analyse de la variance du poids moyen des fruits en fonction des traitements et des semaines de floraison.*

Sources de variations	DDL	Test F	Proba
Variation totale	59		
Semaines de floraison	1	0.09	0.7605
Traitements	4	7.39	0.0001**
Traitements x semaines	4	1.44	0.2339
Variation résiduelle	50		
E.T = 25.74; C.V = 17.6%			

Le poids moyen des fruits ne diffère pas entre les deux semaines de floraison. Par contre, nous avons observé une différence hautement significative entre les traitements étudiés (Tableau 10). Ces traitements peuvent être classés en deux groupes homogènes très distincts qui montrent que le poids des fruits gainés est supérieur à celui des fruits non gainés. Toutefois, le poids des fruits tend à diminuer avec la réalisation tardive du gainage, même si ces différences ne sont pas significatives (Tableau 11).

**Tableau 10 :** *Comparaison de moyennes du poids des fruits entre les traitements*

Traitements	Moyennes	Groupes
1 jetée	162.93	A
2 SDH	162.49	A
3 SDH7	151.92	A
4 SDH14	138.32	A
5 Non gainé	114.71	B



## **DISCUSSION ET CONCLUSION**



## 7 - DISCUSSION

### 7.1 - Contraintes expérimentales

La floraison non synchrone des plants d'une même bananeraie et les chutes dues aux vents et au parasitisme tellurique compliquent le suivi épidémiologique de l'anthracnose en plein champ. Ces expérimentations ont donc nécessité lors de leur mise en place, la sélection d'un grand nombre de plants, pour pouvoir faire des observations statistiquement exploitables sur un effectif minimum par traitement. Par ailleurs, la dispersion aléatoire des plants nous a permis de limiter l'effet de la diversité du milieu au sein des parcelles d'essai. La conduite des expérimentations dans de telles conditions exige un minimum de précautions permettant d'éviter les risques de confusions entre les traitements et entre les bananiers de stades physiologiques différents. Il aurait été idéal de conduire toutes nos expérimentations dans la même bananeraie. Mais, matériellement, la taille des deux essais sur les stades de gainage (contamination et croissance des fruits) ne pouvait plus permettre l'installation d'un troisième essai sur la parcelle qui nous a été réservée en milieu paysan. C'est ainsi que l'expérimentation sur l'effet comparé du gainage précoce et de la combinaison épistillage/gainage sur le développement de l'anthracnose, a été effectuée sur une autre parcelle du même site, potentiellement soumise à une forte pression infectieuse.

Pour les deux études sur le développement de la maladie, nous avons effectué nos observations sur des images représentatives des bananiers, constituées chacune de trois doigts situés à différents niveaux du régime. Un nombre plus important de doigts à observer aurait peut-être amélioré la précision de nos résultats, mais il aurait contribué à alourdir d'avantage notre travail.

### 7.2 - Suivis épidémiologiques

Les différences mises en évidence entre les stades de maturité des fruits, à l'issue des deux premières expérimentations montrent que le niveau de contamination des fruits par *C. musae* peut être sous-estimé lorsque les observations sont uniquement effectuées sur les fruits immatures. Toutefois, l'estimation des niveaux de contamination à la 7<sup>ème</sup> semaine est proche



de celle qui est observée à la récolte (fig.7). Cette information pourrait ainsi être utilisée pour décider de l'opportunité de l'emploi des fongicides après récolte.

L'effet des stades de gainage sur le développement de l'antracnose ne varie pas, quel que soit le stade de récolte des fruits. La meilleure protection des fruits contre cette maladie est assurée par un gainage précoce ou réalisé au stade "doigts horizontaux". L'efficacité de cette protection diminue ensuite avec l'ampleur du retard observé pour effectuer cette opération. Il est à noter que les différences observées entre les traitements pourraient être plus importantes dans des conditions de plus forte infestation, par rapport à celles dans lesquelles nos expérimentations ont été menées (pluviométrie plus élevée, bananeraie plus âgée). D'autre part, l'allure des résultats aux deux stades de maturité des fruits démontre que l'évaluation précoce de l'antracnose constitue un excellent outil pour les études épidémiologiques. Mais, cette évaluation ne permet pas de déterminer le niveau réel de contamination des fruits matures par *Colletotrichum musae*. Nos résultats montrent que la contamination des fruits se poursuit au-delà de la 7<sup>ème</sup> semaine après la jetée, jusqu'à la récolte. Or, au cours de cette phase de développement des fruits, l'auto-inoculum est à un niveau minimum sur les régimes non épistillés et non gainés (de Lapeyre & Mourichon, 1997 et 1998). La durée d'exposition des fruits aux agressions potentielles du parasite apparaît ainsi comme un facteur important à prendre en considération pour évaluer l'intensité de la maladie. La sévérité effective de la maladie résulterait de l'effet additif des contaminations successives subies par les fruits, de la floraison à la récolte. Ces contaminations ont pu être révélées à l'aide de la méthode d'expression des symptômes de de Lapeyre *et al.* (2000).

En réalité, par rapport aux notations de nécroses faites dans les mûrisseries, la technique de révélation des infections quiescentes mise au point par de Lapeyre *et al* (2000) surestimerait l'intensité de la maladie. Cette technique nécessite des conditions extrêmes de maturation des fruits : 32°C pendant 5 jours, et action continue de l'éthylène à forte dose. Ainsi, elle permet d'exprimer rapidement la totalité des symptômes de la maladie, y compris ceux issus de la quiescence de certaines souches de *Colletotrichum gloesporioides*. Elle peut aussi révéler d'éventuelles contaminations secondaires induites par les manipulations des observateurs lorsque les fruits sont prélevés par temps de pluie. Par contre dans les mûrisseries, les fruits sont traités à 16-18°C pendant 24 heures. Dans ces conditions, tous les symptômes ne peuvent apparaître que dans un intervalle de temps relativement long, parfois, lorsque les



fruits sont à des niveaux supérieurs de la filière. Les niveaux de contamination obtenus au cours de nos expérimentations ne reflètent donc pas exactement ceux observés lors de la commercialisation des fruits, mais ils témoignent d'un risque potentiel d'expression de l'anthracnose de blessure et d'apparition de symptômes d'anthracnose chez les distributeurs ou les consommateurs. Il serait ainsi opportun de les corrélés à l'intensité des dégâts observées dans les mûrisseries pour améliorer cette prévision des risques .

### 7.3 - La croissance des fruits

L'étude de l'effet des stades de gainage sur la croissance des fruits n'a pas été conduite sur les bananiers concernés par l'expérimentation n°1 car, les prélèvements effectués pour le suivi de l'anthracnose auraient perturbé la croissance des fruits en cours de développement. Chaque traitement était représenté par un seul bananier du fait de la croissance synchrone de tous les doigts d'un même régime (Ganry, 1978 ; Jullien, 2000). Cependant, les bananiers étudiés portaient des régimes de gabarit assez variable, malgré la vigueur sensiblement identique de leur pseudo-tronc. En effet, la sélection des plants expérimentaux étant effectuée au stade "fleur pointante", l'envergure des régimes ne pouvait être connue à l'avance. C'est la raison pour laquelle l'estimation du nombre de cellules par fruit (NC) n'a été faite que sur les six premières mains de chacun des régimes. Par contre, le poids de la hampe florale a été pris en compte dans l'estimation du poids moyen d'un fruit par régime (**PmF**), ce qui a peut-être masqué les différences entre les stades de gainage étudiés. Toutefois les coefficients de variation obtenus après l'analyse de ces deux variables indiquent une assez bonne précision de cette expérimentation (Tableau 10).

Nos résultats ont montré que le poids des fruits des régimes gainés est supérieur à celui des fruits des régimes non gainés. Par ailleurs, malgré de faibles différences, il existe un gradient du poids des fruits en fonction des stades de gainage. Ainsi, le poids des fruits augmenterait avec la réalisation précoce de cette opération et une meilleure précision dans l'estimation des poids réels des fruits se serait peut être traduite par des résultats plus significatifs. De manière générale, le plus grand nombre de cellules par fruit a été observé sur les deux premiers stades de gainage (jetée et SDH), à la période de fin de remplissage des fruits qui correspond à la somme des températures de 350-400°C-jour après le stade "fleur pointante" (Jullien, 2000). Le plus petit nombre de cellules par fruit a été observé sur les régimes non gainés. Tous ces



résultats démontrent clairement l'effet bénéfique du gainage sur le développement des fruits. Ceci confirme aussi les recommandations de cette technique culturale pour améliorer la croissance des fruits (Berril, 1956 ; Ganry, 1975). Nos résultats fournissent donc un autre argument sur l'intérêt de la pratique du gainage précoce pour la culture de la banane d'exportation.

#### 7.4 - Comparaison avec les travaux antérieurs

Le rôle de la pluie est bien connu dans la propagation des maladies à *Colletotrichum* (Bailey *et al.* ; 1992 ; Waller, 1992). Il a fait l'objet de nombreuses discussions en ce qui concerne l'anthracnose de la banane (Shillingford, 1977, Goos & Tschirsch, 1962; de Lapeyre, 1999). La réduction considérable des niveaux de contamination observée sur les fruits des régimes gainés à la jetée ou au stade SDH constitue une preuve supplémentaire de l'importance de la pluie dans le développement de l'anthracnose de la banane. En effet, la gaine forme une barrière physique qui limite la circulation de l'eau de pluie sur les fruits. Dès sa mise en place sur le régime, elle réduit la dissémination des conidies sur les fruits et diminue par conséquent, leur pollution par l'auto ou l'allo-inoculum<sup>6</sup>. Il semble donc logique que l'efficacité de cette barrière s'améliore avec la précocité de sa mise en place. Les fruits devraient être protégés d'avantage par un gainage effectué à la jetée car c'est le stade le plus précoce pour la réalisation de cette opération. Mais, nos résultats ont démontré qu'un gainage effectué au 7<sup>ème</sup> jour après la jetée (SDH), était autant efficace que celui réalisé au stade le plus précoce. Cela peut être relié au fait que les niveaux d'inoculum mesurés par piégeage ou par isolement direct sur les pièces florales n'est pas encore élevé au stade doigts horizontaux et augmente réellement une semaine après pour atteindre son maximum 14 à 21 j après. Par ailleurs. Les gaines ne sont pas complètement étanches ; une petite quantité d'eau de pluie peut s'infiltrer à travers leurs trous d'aération et entraîner la propagation de la maladie sur les fruits. D'autre part, lorsque la gaine n'est pas posée en "cloche" sur le régime, elle forme des poches d'eau au niveau des premières mains ; ce qui favorise l'infiltration de l'eau de pluie. Il est en outre important de signaler que les gaines étroites peuvent retenir les bractées sur les régimes, après leur déhiscence. En se décomposant sous la gaine, ces bractées constituent une

---

6 Selon de Lapeyre (1999), l'**auto-inoculum** est produit sur les pièces florales et la bractée inférieure du régime et constitue la principale source de pollution des fruits. L'**allo-inoculum** est d'origine externe au régime considéré.

importante source d'inoculum pour la contamination des fruits avec lesquels elles sont en contact.

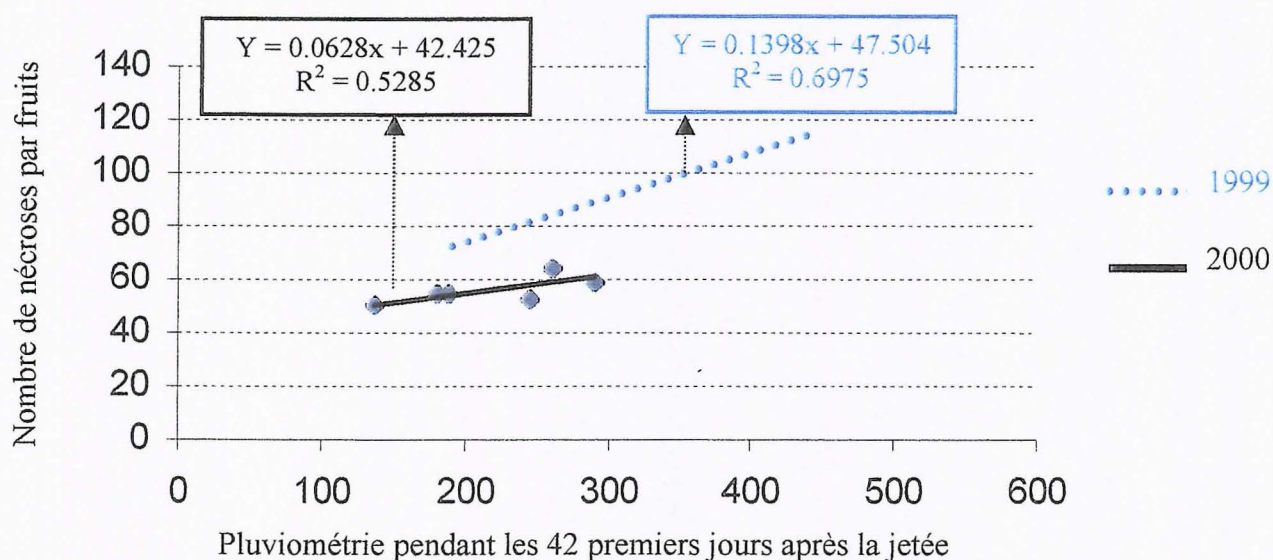
La sévérité de la maladie est accentuée par le volume des précipitations, pendant toute la période de croissance des fruits. Ce phénomène n'a pas été observé durant les 35 premiers jours après la floraison, pour les deux premiers stades de gainage. Il est probable qu'un maximum de contaminations survienne au cours de cette période, lorsque les gainages sont réalisés au plus tard, au stade SDH car ces contaminations seraient surtout dues à l'auto-inoculum. Cet avis est d'ailleurs confirmé par les faibles niveaux d'infestation enregistrés sur les régimes "épistillés-gainés" au stade SDH, par rapport aux régimes gainés à la jetée. En effet, la suppression des pièces florales qui constituent la source d'auto-inoculum permet d'améliorer considérablement l'efficacité du gainage au stade SDH. Cela n'est malheureusement pas réalisable pour un gainage effectué à la jetée car, l'inflorescence demeure fermée à ce stade de développement des fruits. L'effet négatif de l'épistillage sur la sévérité de la maladie corrobore l'idée selon laquelle, les pièces florales constituent la principale source d'inoculum de *Colletotrichum musae* (de Lapeyre & Mourichon, 1997, 1998).

Les niveaux de contaminations augmentent nettement et de façon progressive lorsque les régimes sont gainés au-delà du stade SDH. Les gainages tardifs permettraient d'exposer les fruits à une double pollution : celle due principalement à l'auto-inoculum pendant les 42 premiers jours après la jetée et celle continuellement due à l'allo-inoculum jusqu'au gainage effectif des régimes. Ce phénomène serait favorisé par l'importance des pluies avant la mise en place de la gaine sur les régimes.

Les pluviométries enregistrées au cours de nos expérimentations sont assez faibles par rapport à celles observées lors d'études épidémiologiques antérieures sur le même site d'essai. Ceci s'est traduit par des niveaux d'infestation relativement bas, contrairement à ceux mis en évidence sur les mêmes parcelles en 1997-1999 de Lapeyre (figure 11). Ainsi, nos conditions expérimentales auraient pu minimiser certaines différences entre les traitements. Il s'agit vraisemblablement du cas du léger écart entre le stade SDH7 et les deux premiers stades de gainage, en ce qui concerne la sévérité de la maladie (figure 7).



**Figure 11 :** Relations entre la sévérité de la maladie et la pluviométrie totale sur les régimes non gainés au cours des années 1998 et 2000



La figure ci-dessus nous montre que la sévérité de la maladie évolue chaque année, de manière à peu près semblable en fonction de la pluviométrie. Mais, elle peut fortement varier d'une année à l'autre pour la même quantité de pluie. Il est toutefois à noter que la parcelle étudiée par de Lapeyre était de quatre à six cycles, plus âgée que la nôtre. A titre indicatif, pour une pluviométrie d'environ 300 mm d'eau, nous avons comptabilisé 60 nécroses par fruit environ sur les régimes non gainés, contre près de 80 observées lors des travaux antérieurs menés sur les mêmes parcelles (de Lapeyre, 1999). Ce constat suppose que l'intensité de la maladie au cours d'une année, ne saurait simplement être justifiée par la quantité de pluie tombée. Elle pourrait être influencée par la fréquence des pluies et l'entretien des parcelles.

### 7.5 - Recommandations pour l'amélioration de la qualité de la banane

Les résultats de nos expérimentations ont démontré que l'utilisation des techniques culturales appropriées peut être envisagée pour une lutte efficace contre l'anthracnose des bananes. Le gainage précoce et l'épistillage des régimes peuvent s'intégrer dans une stratégie de lutte chimique raisonnée contre cette maladie ou être à la base d'une alternative non chimique pour le contrôle de *C. musae*. L'une et l'autre de ces deux approches pourraient s'appuyer sur les

principes de protection des fruits découlant des résultats de nos travaux et des connaissances épidémiologiques antérieures. Ainsi, nous pouvons affirmer que :

**1 – la combinaison épistillage/gainage au 7<sup>ème</sup> jour après la jetée assure la meilleure protection des fruits contre les infestations de *Colletotrichum musae*.** Il s'agit d'ailleurs d'une opération agricole actuellement recommandée aux producteurs de bananes des Antilles françaises. Mais, bien que très efficace, cette méthode de lutte demeure très contraignante en main-d'œuvre ; ce qui constitue un handicap pour de nombreux producteurs guadeloupéens. L'efficacité de cette méthode dépend surtout de la précocité et de la qualité de l'épistillage ; ceci exige un suivi très régulier des bananeraies et le recours à une main d'œuvre spécialisée.

**2 – le gainage précoce est une opération agricole simple pouvant permettre de réduire considérablement les infestations parasitaires des fruits et d'améliorer leur croissance.** Il est sensiblement équivalent au gainage effectué au stade SDH, en terme de croissance des fruits et de protection contre l'anthracnose. Mais, il convient de le recommander pour augmenter la chance d'améliorer la qualité des bananes en Guadeloupe. En effet, nous avons démontré que le stade SDH représente la limite de gainage au-delà de laquelle le niveau de contamination des fruits augmente de façon significative. Le respect de cette limite nécessite une grande vigilance de la part des producteurs qui sont malgré tout, parfois obligés de gagner tardivement à cause des calendriers de travaux très contraignants. Pour cela, la préconisation de cette opération à la jetée permettrait aux producteurs de disposer d'un délai minimum de sept jours, jusqu'au stade SDH. Par ailleurs, le gainage précoce est facile à réaliser et permet aussi de limiter les dégâts occasionnés par les thrips de la rouille argentée (Leblanc et Chabrier, communication personnelle). Il est cependant important d'utiliser une gaine suffisamment large qui facilite la chute des bractées après leur déhiscence.

**3 –le gainage au stade SDH7 (14<sup>ème</sup> jour après la jetée) peut permettre une réduction satisfaisante du niveau de contamination des fruits, dans les conditions de faible pluviométrie.** Mais, l'effet bénéfique de cette opération agricole sur les fruits est moins marqué au stade SDH7, comparativement aux deux précédents stades de gainage.



**4 – la méthode d'évaluation précoce de la maladie est un excellent outil épidémiologique pouvant aider au choix d'une stratégie de lutte contre le pathogène.** Elle peut être utilisée pour le suivi du niveau de contamination des fruits dans chaque parcelle au sein d'une exploitation ; elle permet aussi de faire des comparaisons entre plusieurs méthodes de contrôle de l'antracnose. Mais, les relations entre l'intensité des infections révélée par cette méthode et celle observée dans les mûrisseries sont encore mal connues. Cette imprécision rendrait aléatoire, son utilisation en routine pour prévoir le niveau de contamination réel des fruits avant leur exportation.

## **7.6 - Conditions d'appropriation des recommandations**

La diversité des exploitations agricoles impliquées dans la production des bananes d'exportation en Guadeloupe ne permet pas la mise en œuvre de solutions standards pour éviter les dégâts dus à *Colletotrichum musae*. Les exploitations diffèrent par leur taille, par leur situation pédo-climatique et par leur fonctionnement. Ainsi, chacune des méthodes de gainage proposées au terme de nos travaux, sera d'autant plus pertinente qu'elle sera mieux adaptée aux contraintes et aux objectifs des producteurs. Les exploitations agricoles guadeloupéennes pourraient grossièrement être classées selon l'altitude et la taille des bananeraies. Sur la base de cette classification, nous proposons ci-dessous, quelques repères pour une utilisation spécifique de chaque méthode de gainage en fonction des différents types d'exploitations :

– Le gainage à la jetée ou au stade SDH est très indiqué pour les exploitations situées dans des zones de basse altitude (0 à 100 mètres). Les faibles pluviométries enregistrées dans ces zones entraîneraient une très lente dissémination de la maladie. Dans ces conditions, un simple gainage précoce conviendrait mieux aux grandes bananeraies, qu'une combinaison épistillage/gainage qui demeure très contraignante et coûteuse. Par contre, cette dernière méthode pourrait facilement être appliquée dans les petites exploitations où la main-d'œuvre familiale est importante. Quelle que soit la taille des bananeraies, le gainage le plus tardif en cas de faibles pluviométries pourrait être réalisé au 14<sup>ème</sup> jour après la jetée, c'est-à-dire au stade SDH7.

- Pour les exploitations localisées dans les zones d'altitudes supérieures à 100 mètres, la combinaison épistillage/gainage assure la meilleure protection des fruits contre le pathogène. La régularité et l'intensité des pluies sont très favorables au développement de la maladie et la pratique de l'épistillage réduit considérablement la quantité d'inoculum au champ. Pour les grandes plantations, cette opération agricole ne pourrait effectivement être rentable que s'il existe des nouveaux créneaux de commercialisation permettant une juste rémunération du travail. Toutefois, cette technique demeure très opportune pour les petites exploitations qui ont intérêt à valoriser au mieux leur modeste production. Le gainage précoce est certes moins efficace contre l'anthracnose que la combinaison épistillage/gainage. Dans les conditions de forte pluviométrie, le gainage devrait être effectué au plus tard au stade "doigts horizontaux".



## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le gainage des régimes pourrait constituer une technique culturale efficace, moins polluante et peu coûteuse pour améliorer la qualité des bananes d'exportation en Guadeloupe. Il limite fortement le développement de l'anthracnose lorsqu'il est réalisé en combinaison avec l'épistillage, au stade "doigts horizontaux". Ce résultat confirme les recommandations actuelles sur la pratique du gainage dans les Antilles françaises. Mais, les fruits peuvent aussi être efficacement protégés contre le pathogène par un gainage effectué à la jetée qui est de surcroît, peu contraignant et moins exigeant en main-d'œuvre. De manière générale, la maladie est d'autant mieux contrôlée que le gainage est effectué précocement. Cette opération agricole devient néanmoins peu utile au-delà du stade SDH, surtout en conditions de forte pluviométrie où les niveaux de contamination des fruits pourraient être très élevés. En revanche, lorsque les pluies sont moins importantes, le gainage le plus tardif pourrait être effectué au stade SDH7.

Les fruits sont continuellement contaminés durant toute leur phase de développement, de la jetée à la récolte. Cette contamination est certes maximale au cours des sept premières semaines après la jetée, mais elle se poursuit de façon non négligeable au-delà de cette période. Lorsque les régimes sont gainés à la jetée, les fruits seraient principalement contaminés par l'auto-inoculum. Par contre, la contamination due à l'allo-inoculum deviendrait très importante sur les régimes gainés tardivement. Celle-ci pourrait être la cause de la variation du niveau de contamination observée au cours de la croissance des fruits gainés à la jetée. Ainsi, il serait possible d'améliorer l'effet négatif du gainage précoce contre l'anthracnose en supprimant au préalable, un maximum de sources d'allo-inoculum. Cela suppose un excellent entretien des bananeraies et de toute l'exploitation. Il s'agira surtout de l'élimination des feuilles mortes et de tous les organes en décomposition, le drainage des parcelles, etc.

Nos résultats ont démontré l'importance du gainage sur l'amélioration de la croissance des fruits. Cependant, les différences plus nettes entre les divers stades de gainage pourraient être mises en évidence par des expérimentations plus élaborées, comportant au minimum 40 à 50 répétitions. Nos travaux ont néanmoins permis de révéler l'effet bénéfique du gainage précoce sur la croissance des fruits ; ce qui constitue un argument en faveur de la qualité commerciale

des bananes. En plus de la facilité de sa réalisation, le gainage précoce présente de nombreux avantages pour la culture des bananes d'exportation car il permet :

1. de protéger les fruits contre la contamination de *Colletotrichum musae*, des infestations des thrips et la pollution due aux fréquents traitements fongicides par voie aérienne contre la cercosporiose.
2. d'améliorer la croissance des fruits,
3. d'éviter le recours à l'épistillage au stade SDH qui nécessite une main-d'œuvre abondante, spécialisée et très coûteuse en Guadeloupe.

En conclusion, le gainage et l'épistillage constituent deux options de gestion de l'anthracnose efficaces, non chimiques et respectueuses de l'environnement. Mais, chacune de ces options de lutte devrait s'intégrer de manière cohérente et spécifique dans les différents types de systèmes de production rencontrés en Guadeloupe. Les méthodes de protection non chimiques sont certes une voie privilégiée pour l'amélioration de l'image de marque de la banane antillaise mais, elles ne sont pas applicables dans toutes les exploitations agricoles guadeloupéennes. Certaines de ces exploitations adopteraient plus facilement les méthodes de lutte chimique raisonnée qui permettent plutôt de réduire fortement l'utilisation des pesticides. Il est donc indispensable de conduire au préalable, une étude permettant d'identifier le type de protection phytosanitaire à recommander, en fonction de la diversité des producteurs de bananes d'exportation rencontrés en Guadeloupe. C'est aussi à l'issue d'une telle étude qu'il serait plus aisé de proposer une méthode de gainage appropriée aux producteurs. Il convient cependant de noter que les propositions faites aux agriculteurs seraient plus crédibles si l'actuelle méthode d'évaluation précoce de la maladie permettait de prévoir avec précision, l'ampleur des dégâts dus au parasite sur les fruits exportés. Il faudrait donc rechercher les relations entre cette méthode et les observations réalisées lors de la commercialisation des fruits.



## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Al Zaemey A.B., Magan N. and Thompson A.K.** (1993). Studies on the effect of fruits-coating polymers and organic acids on growth of *Colletotrichum musae* in vitro and on postharvest control of anthracnose of banana. *Mycological Research*, **97**, 1463-1468.
- Anonyme.** (1998). Rapport du Recensement Général Agricole. *Direction de l'Agriculture et de la Forêt*, 27-39.
- Anonyme.** (1999). Manuel du planteur. Formation des personnels des plantations. Vol. 1 et 2, Ed. *fafsea*..
- Arneson P.A.** (1960). Sensitivity of postharvest rot fungi of bananas to chlorine. *Phytopathology*, **60**, 344-345.
- Arx J.A. von.** (1957). Die arten der gattung *Colletotrichum* cda. *Phytopathologische Zeitschrift*, **29**, 413-468.
- Bailey J.A., O'Connell R.J., Pring R.J. and Nash C.** (1992). Infection strategies of *Colletotrichum* specifiers. In : *Colletotrichum : biology, pathology and control*, Bailey J.A. and Jeger M. J. (eds.), Wallingford, CAB International, 88-120.
- Bakry F., Carreel F., Caruana M.L., Côte F.X., Jenny C. and Tezenas du Montcel H.** (1997). Les bananiers. In : *L'amélioration des plantes tropicales*, Charrier A., Hamon S., Jacquot M. and Nicolas D. (eds.), Montpellier, CIRAD, ORSTOM, 109-139.
- Berkeley M.J.** (1874). Notices of North American fungi. *Grevillea*, **3**, 1-17.
- Berril F.** (1956). Bunch cover for bananas. *Queensland Agricultural Journal*, **82**, 435-440.
- Brown A.E. and Swinburne T.R.** (1981). Influence of iron and iron chelators on formation of progressive lesions by *Colletotrichum musae* on banana fruits. *Transactions of the British Mycological Society*, **77**, 119-124.



**Burden O.J.**(1968). Reduction of banana anthracnose following hot treatment of the green fruit. *Queensland Journal of Agriculture and Animal Science*, **25**, 135-144.

**Castineiras A., Cabrera T., Calderon A., Lopez M. and Lujan M.** (1991). Lucha biologica contra *Cosmopolites sordidus* (Gemar). *Rencontres caraïbes en lutte biologique, Guadeloupe*. Ed. INRA, Paris, **58**, 424-428.

**Chakravarty T.** (1957). Anthracnose of banana (*Gloesporium musarum* Cke. & Massee) with special reference to latent infection in storage. *Transactions of the british Mycological Society*, **40**, 337-345.

**Chillet M. and de Lapeyre de Bellaire L.** (1996). Elaboration de la qualité des bananes au champ. Détermination des critères de mesure. *Fruits*, **51**, 317-326.

**Coates L., Johnson G.I. and Cooke A.W.** (1993). Postharvest disease control in mangoes using high humidity hot air and fungicide treatments. *Annal of Applied Biology*, **123**, 441-448.

**Cooke M. C.** (1887). New Australian fungi. *Grevillea*, **16**, 1-6.

**de Lapeyre de Bellaire L.** (1999). Bio-écologie de *Colletotrichum musae* (Berk. & Curt.)Arx, agent de l'anthracnose des bananes, dans les conditions trpicales humides de la Guadeloupe. *Thèse de doctorat, Université de Paris XI Orsay*, 100 pp

**de Lapeyre de Bellaire L. and Nolin J.** (1994). Amélioration du contrôle du chancre sur les bananes d'exportation et traitements post-récolte. *Fruits*, **49**, 179-185.

**de Lapeyre de Bellaire L. and Dubois C.** (1997). Distribution of thiabendazole-resistant *Colletotrichum* isolates from Guadeloupe banana plantations. *Plant disease*, **81**, 1378-1383.

**de Lapeyre de Bellaire L. and Mourichon X.** (1997). The pattern of fungal contamination of the banana bunch during its development and potential influence on incidence of crown-rot and anthracnose diseases. *Plant pathology*, **46**, 481-489.

**de Lapeyre de Bellaire L., Mourichon X and Ganry J.** (1997). A forecastind system for regulated control of Sigatoka disease of bananas in Guadeloupe. In : *BCPC, ANPP ed. Proceedings of "Crop protection and fruit quality : meeting customers need"*. 17-19 Septembre. Université du Kent, Canterbury, 189-196.

**de Lapeyre de Bellaire L. and Mourichon X.** (1998). The biology of *Colletotrichum musae* (Berk. et Curt.)Arx and its relation to control of banana anthracnose. *Proc. Int. Symp. Banana in subtropics. Acta Horticulturae*, 297-303.

**de Lapeyre de Bellaire L., Chillet M. and Mourichon X.** (2000). Elaboration of an early quantification method of quiescent infections of *Colletotrichum musae* on bananas. *Plant disease*, **84**, 128-133.

**Dorel M., Lafforgue A., Breteaud P. and Le Breton M.** (1996). Etude de la contamination des eaux de ruissellement par les pesticides utilisés en bananeraie. *Rapport d'exécution du projet CORDET 93 D A 14*, Cirad-flhor, Guadeloupe, 27 pp.

**Finlay A.R. and Brown A.E.** (1993). The relative importance of *Colletotrichum musae* as a crown-rot pathogen on Windward Island bananas. *Plant Pathology*, **42**, 67- 74.

**Flaishman M.A. and Kolattukudy P.E.** (1994). Timing of fungal invasion using host's ripening hormone as a signal. *Proceedings of the National Academy of Science USA*, **91**, 6579-6583.

**Frossard P.** (1969). Action du thiabendazole et du benlate sur l'anthracnose des bananes et son champignon pathogène *Colletotrichum musae*. *Fruits*, **24**, 365-379.

**Ganry J.** (1975). Influence du gainage des régimes de bananiers avec une housse de polyéthylène sur la température des fruits dans les conditions de Neufchâteau (Guadeloupe). *Fruits*, **30**, 735-738.

**Ganry J.** (1978). Recherche d'une méthode d'estimation de la date de récolte du bananier à partir de données climatiques dans les conditions des Antilles. *Fruits*, **33**, 669-680.

**Ganry J. and Meyer J. P.** (1975). Recherche d'une loi d'action de la température sur la croissance des fruits des bananiers. *Fruits*, **30**, 375-392.



- Goos R.D. and Tschirsch M.** (1962). Effect of environmental factors on spore germination, spore survival, and growth of *Gloeosporioides musarum*. *Mycologia*, **54**, 353-366.
- Griffiee P.J.** (1973). Resistance to benomyl and related fungicides in *Colletotrichum musae*. *Transactions of the British Mycological Society*, **60**, 433-439.
- Griffiee P.J. and Burden O.J.** (1976). Fungi associated with crown rot of boxed bananas in the windward Islands. *Phytopathologische Zeitschrift*, **85**, 149-158.
- Hofman P.J., Smith L.G., Joyce D.C., Johnson G.I. and Meiburg G.F.** (1997). Bagging of mango (*Mangifera indica* cv. 'Keitt') fruit influences fruit quality and mineral composition. *Postharvest Biology and Technology*, **12**, 83-91.
- Hostachy B, Vegh I., Leroux P., Jacquemot E., Foucher S. and Pigou R.** (1990). Bananes de la Martinique. Incidence des problèmes fongiques sur la qualité. *Phytoma*, (420), 37-44.
- Johanson A. and Blasquez B.** (1992). Fungi associated with banana crown-rot on field-packed fruit from the Windwards Islands and assessment of their sensitivity to the fungicides thiabendazole, prochloraz, and imazalil. *Crop Protection*, **11**, 79-83.
- Jones D. R.** (2000). Diseases of banana, abaca and enset. *CABI publishing*, 544 pp
- Jullien, A.** (2000). Croissance, développement et qualité des fruits du bananier (*Musa spp* AAA, cv Grande Naine). Modélisation de la répartition des assimilats entre les fruits du régime. *Thèse de doctorat. Institut National Agronomique, Paris-Grignon*, 89 pp.
- Kanopathipillai V.S., Ahmad R. and Mahamad M.I.** (1987). The effect of sterile filtrates of *Trichoderma spp* and *Penicillium spp* and 4 KGy irradiation on the spore germination of *Colletotrichum musae*. In: *Movements of pests and control strategies*, Singh K.G., Manalo P.L., Sastrontomo S.S., Chan K.C., Lim L.G., Ganapathi A.N., Rahim M.A.A., Durai P.S.S. and Doss M.C. (eds.), Kuala Lumpur, Malaysia, ASEAN Plant and Quarantine Centre and Training Institute, 283-292.
- Knight C.** (1982). Pathogenicity of some fungi associated with crown rot of bananas. *Phytopathologische Zeitschrift*, **104**, 13-18.

**Lachenaud J.L.** (1972). Protection contre le thrips de la rouille par gainage du régime de bananes. *Fruits*, **27**, 17-19.

**Loeillet D.** (1998). Banane. In: *Cyclope*, Chalmin P. (eds.), Economica, 288-291.

**Lukezic F.L., Kaiser W.J. and Martinez M.M.** ( 1967). The incidence of crown rot of boxed bananas in relation to microbial populations of the crown tissues. *Canadian Journal of Botany*, **45**, 413-421.

**MacCracken A.R. and Swinburne T.R.** (1980). Effect of bacteria isolated from surface of banana fruits on germination of *Colletotrichum musae* conidia. *Transactions of the British Mycological Society*, **74**, 212-214.

**Marin D.H., Sutton T.B., Blankenship S.M. and Swallow W.H.** (1996). Pathogenicity of fungi associated with crown rot of bananas in Latin America on Grande Naine and disease-resistant hybrid bananas. *Plant Disease*, **80**, 525-528.

**Meredith D.S.** (1960b). Studies on *Gloeosporium musarum* Cke and Masee causing storage rot of Jamaican bananas. II. Some factors influencing anthracnose development. *Annals of Applied Botany*, **48**, 518-528.

**Meredith D.S.** (1962b). Some fungi on decaying banana leaves in Jamaica. *Transactions of the British Mycological Society*, **45**, 335-347.

**Michail, S. H., Hussein A. M., Kamara A. M. and Mona S Nour El-Din.** (1988). Non-fungicidal control of certain post-harvest diseases of banana fruits. *Acta Phytopathologica et entomologica Hungarica*, **23**, 415-421.

**Muirhead L.F. and Deverall B.J.** (1981). Rôle of appressoria in latent infection of banana fruits by *Colletotrichum musae*. *Physiological Plant Pathology*, **19**, 77-84.

**Mulvena D., Webb E.C. and Zerner B.** (1969). 3,4-Dihydrobenzaldehyde, a fungistatic substance from green cavendish bananas. *Phytochemistry*, **8**, 393-395.

**Peacock B.C.** (1973). Effect of *Colletotrichum musae* infections on the preclimacteric life of bananas. *Queensland Journal of Agriculture and Animal Sciences*, **30**, 239-246.



- Postmaster A., Kuo J., Sivasithamparam K. and Turner D.W.** (1997). Interaction between *Colletotrichum musae* and antagonistic microorganisms on the surface of banana leaf discs. *Scientia Horticulturae*, **71**, 113-125.
- Prusky D., Plumbey R. A.** (1992). Quiescent infections of *Colletotrichum* in tropical and subtropical fruits. In : *Colletotrichum : biology, pathology and control*, Bailey J.A. and Jeger M. J. (eds.), Wallingford, CAB International, 289-307.
- Raggazi A. and Turco E.** (1997). Antagonistic effects of some fungi of banana against *Colletotrichum musae*. *Zeitschrift fur Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, **104**, 281-288.
- Reis P. R. and de Souza J. C.** (1986). Pragas do cafeeiro. In : *Cultura do cafeeiro, fatores que afetam a produtividade*. Rena A. B., Malavolta E., Rocha M. e Yamada T. Associação brasileira para pesquisa e do fustato, 324-378.
- Robinson J. C.**, (1996). Bananas and Plantains. *Crop production science in horticulture*. CAB International University Press, Cambridge, 231 pp.
- Sarah J.L., Lassoudière A., Guérout R.**, (1983). La jachère nue et l'inondation du sol : deux méthodes intéressantes de lutte intégrée contre *Radopholus similis* dans les bananeraies des sols tourbeux de Côte d'Ivoire. *Fruits*, 38(1) : 35-42.
- Sela-Buurlage M.B., Epstein L. and Rodriguez R.J.** (1991). Adhesion of ungerminated *Colletotrichum musae* conidia. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, **39**, 345-352.
- Shillingford C.A.** (1977). Control of banana fruit rot and of fungi that contaminate washing water. *Tropical Science*, **19**, 197-203.
- Shillingford C.A.** (1978). Postharvest banana fruit rot control with systemic fungicides in Jamaica. *Turrialba*, **48**, 275-278.
- Simmonds J.H.** (1963). Studies in latent phase of *Colletotrichum* species causing ripe rots of tropical fruits. *Queensland Journal of Agricultural and Animal Science*, **20**, 373-424.

**Simmonds J.H. and Mitchell R.S.** (1940). Black end and anthracnose of the banana with special reference to *Gloeosporium musarium* Cke. and Mass. *Bulletin of the Council for Scientific and Industrial Research of Australia*, **131**, 1-63.

**Stover R.H. and Simmonds N.W.** (1987). Bananas. Essex, Longman, third edition, 468pp.

**Swinburne T.R.** (1976). Stimulants of germination and appressorial formation by *Colletotrichum musae* (Berk. & Curt.) in banana leachate. *Phytopathologische Zeitschrift*, **87**, 74-90.

**Swinburne T.R.** (1983). Quiescent infections in post-harvest diseases. In: *Post-harvest Pathology of Fruits and Vegetables* Dennis C. (ed.) London, Academic Press, 1-21.

**Swinburne T.R. and Brown A.E.** (1983). Appressoria development and quiescent infections of banana fruit by *Colletotrichum musae*. *Transactions of the British Mycological Society*, **80**, 176-178.

**Truter A. B. and Combrink J. C.** (1990). Controlled and modified atmosphere storage of bananas. *Acta Horticulturae. Tropical and Subtropical fruits*, 275.

**Waller J.M.** (1992). *Colletotrichum* disease of perennial and other cash crops. In: *Colletotrichum : Biology, pathology and control*, Bailey J.A. and Jeger M.J. (eds.), Wallingford, CAB international, 167-185.

**Wills R., McGlasson W.B., Graham D. and Joyce D.C.** (1998). Postharvest. An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. Wallingford, CAB international, 262 pp.